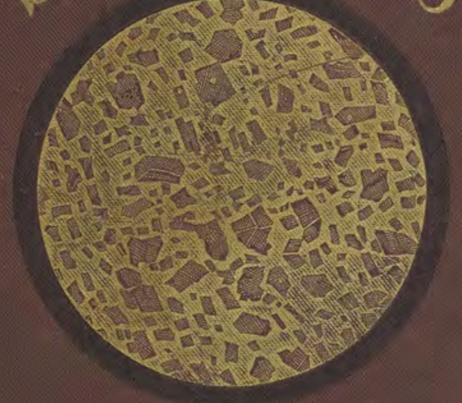
ÉD. JANNETTAZ

LES ROCHES



DESCRIPTION – ANALYSE
STRUCTURE
GISEMENTS – EMPLOIS

Avec 2 Cartes 215 Gravures et Planches

J. ROTHSCHILD ÉDITEUR. PARIS


OF·GEMS·& GEM·CUTTING
GEMSTONES·OF·NORTH·AMERICA·PROSPECTING·FOR·GEM
STONES·AND MINERALS
MINERALOGY·EMERALD·AND·OTHER·BERYLS·CATALOG
EX LIBRIS
JOHN SINKANKAS

9.Frcs

LES ROCHES

DESCRIPTION ET ANALYSE

DE LEURS ÉLÉMENTS ET DE LEUR STRUCTURE

Avis important pour l'Intelligence des Planches reproduites d'après l'Atlas de MM. Fouqué et Michel-Lévy.

(Voir le Placement des Planches, page X.)

Les Numéros en grands caractères indiquent les différentes Époques de formation des Minéraux qui entrent essentiellement dans la Composition des Roches (voir *l'explication, page* 255).



Fig. 188. — LABRADORITE A LABRADOR ET A PYROXÈNE DE L'UN DES ILOTS DE L'OBÉLISQUE (COTE MÉRIDIONALE DE SANTORIN). (*Page* 324.)

Grossissement = 84 *diamètres. Lumière polarisée, nicols croisés.*

Cette roche se rattache à une coulée de labradorite riche en microlithes, qui s'observe dans la partie méridionale de l'île et qui a percé les andésites à hornblende de la région.

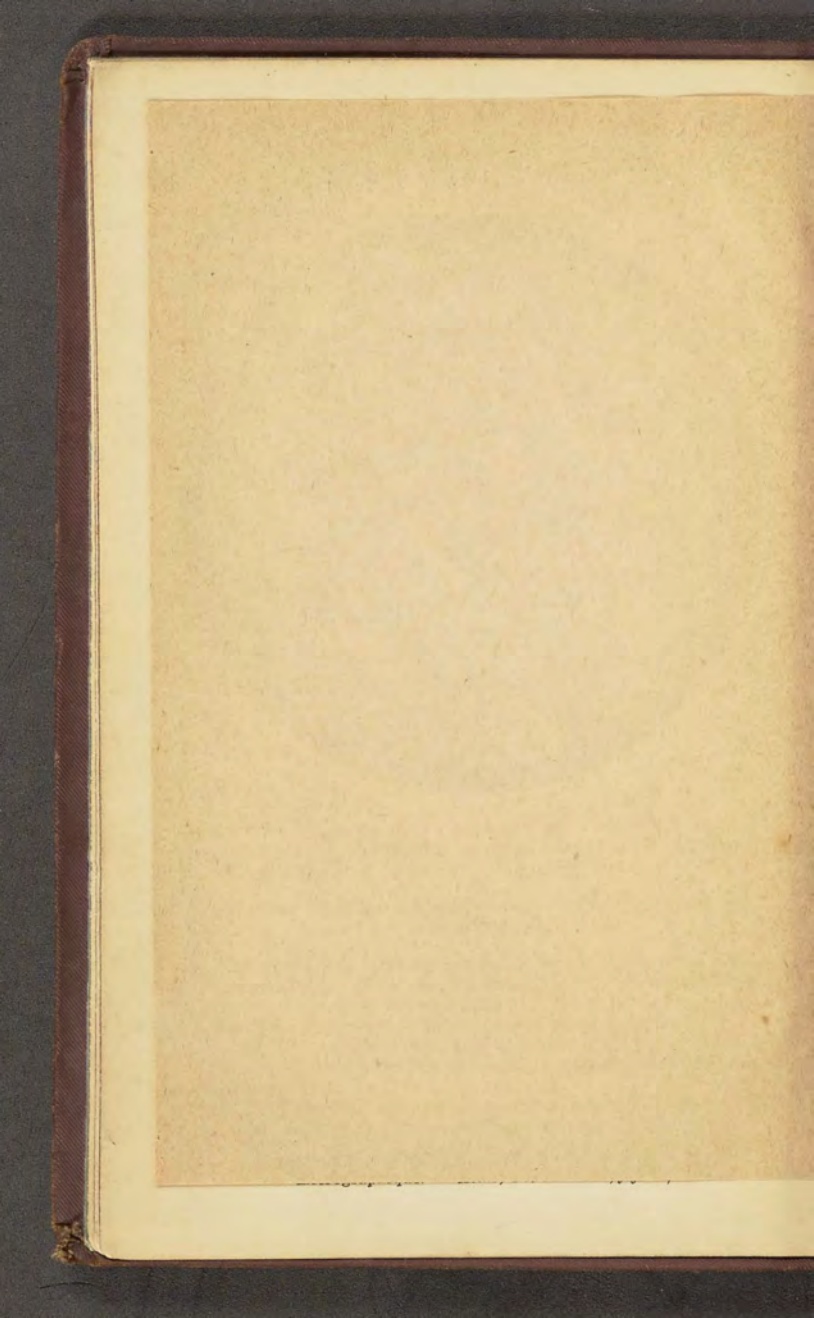
Le dessin représente les minéraux suivants :

I. — Fer oxydulé, augite (20), labrador (7).

II. — Matière amorphe riche en globulites et en granules de fer oxydulé.

III. — Chlorite (37) entourée d'une couronne de petits cristaux et épigénisant un minéral non déterminé.

(*D'après MM. FOUQUÉ et MICHEL LÉVY*, Minéralogie micrographique. — *Atlas, Pl. XXXIII, fig.* 2.)

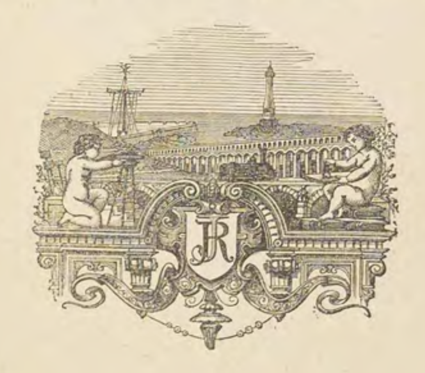


ÉD. JANNETTAZ
Aide de Minéralogie au Muséum,
Maitre de Conférences à la Sorbonne, etc.

LES ROCHES

DESCRIPTION ET ANALYSE AU MICROSCOPE
DE LEURS ÉLÉMENTS MINÉRALOGIQUES
ET DE LEUR STRUCTURE
GISEMENTS — EMPLOIS

DEUXIÈME ÉDITION, ENTIÈREMENT REFONDUE
Avec 2 Cartes géologiques et 215 Gravures et Planches



PARIS
J. ROTHSCHILD, ÉDITEUR
13, RUE DES SAINTS-PÈRES, 13

1884

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

QUATRIÈME PARTIE

GÉNÉRALITÉS SUR LES ROCHES

DEUXIÈME LIVRE

Description des Roches et de leurs Éléments

PREMIÈRE PARTIE

ROCHES SILICATÉES ET LEURS ÉLÉMENTS

SILICATES DE SESQUIOXIDES

DEUXIÈME PARTIE

ROCHES PIERREUSES SANS SILICE

TROISIÈME PARTIE

ROCHES MÉTALLIQUES

QUATRIÈME PARTIE

ROCHES COMBUSTIBLES

PLACEMENTS DE 19 PLANCHES

TIRÉES HORS TEXTE

Les Cartes de France et de l'Europe sont à placer à la Fin du Volume.

ERRATA

Page 2, ligne 8, en remontant ; au lieu de : déjà, et faites, *lisez :* faites.

Page 17, ligne 6, en remontant ; au lieu de : l'un, *lisez :* l'une.

Page 35, ligne 17 ; au lieu de : ou, *lisez : oa.*

Page 46, ligne 6 ; au lieu de : une autre arète, ae, *lisez :* à une des arètes k, fig. 26.

Page 60, ligne 3 en remontant ; au lieu de : e^{1}, lisez $e^{1/2}$.

Page 63, ligne 1 ; au lieu de : ntgd, *lisez :* ntgd″.

Page 94, ligne 1 ; au lieu de : fig. 68, *lisez :* fig. 69.

Page 96, ligne 18 ; au lieu de : fig. 69, *lisez :* fig. 68.

Même page, ligne 3, en remontant ; au lieu de : fig. 68, *lisez :* fig. 69.

Page 102, ligne 3, en remontant ; au lieu de : $2(n+1)\frac{\lambda}{2}$, *lisez :* $(2n+1)\frac{\lambda}{2}$.

Même page, ligne 7, en remontant ; au lieu de : $2(n+1)$, *lisez :* $(2n+1)$.

Page 103, ligne 12 ; au lieu de : $2(n+1)\frac{1}{2}$, *lisez :* $(2n+1)\frac{1}{2}$.

Page 113, ligne 18 ; au lieu de : h^1, *lisez : h^1.*

Page 136, ligne 12 en remontant ; au lieu de : rayes, *lisez :* axes.

Page 224, ligne 5, en remontant ; au lieu de : l'Orthose, *lisez :* l'Orthose et l'Albite.

Page 226, ligne 8 ; au lieu de : fig. 141, *lisez :* fig. 160.
Page 299, ligne 4 ; au lieu de : III, *lisez :* IV.
Page 301, ligne 9; au lieu de : dominant, *lisez :* dominants.
Page 312, ligne 2, au lieu de : blanche, *lisez :* l'autre, blanche.
Page 341, ligne 3, les quatre mots : norite labradorique et anorthite *doivent être effacés.*
Page 347, ligne 22, la roche pyroxénique du Cap doit être rapportée à l'Eulisite, page 307.
Page 354, ligne 17; au lieu de : silicat, *lisez :* silicate.
Même page, ligne 20; au lieu de : bondant, *lisez :* fondant.
Page 370, ligne 4 en remontant; au lieu de : Feldspath, des granites, *lisez :* Feldspath des granites.

PRÉFACE DE LA SECONDE ÉDITION

Nous n'avons pas besoin de rappeler l'utilité de l'étude des roches. On ne peut comprendre la structure du globe sans connaître ces masses minérales importantes qui en sont les matériaux.

Ce n'est pas le savant seul que cette étude intéresse. Elle est aussi importante pour le sculpteur qui cherche un beau marbre statuaire, et pour l'architecte, qui doit connaître d'abord la constitution du sol sur lequel il bâtit, puis celle des pierres propres à la construction des édifices ou à leur ornementation. Elle est également nécessaire à l'agronome, qui ne doit pas ignorer la qualité des terres arables.

Les roches sont ordinairement des mélanges de

substances qu'on ne discerne exactement qu'au moyen de grossissements considérables. Elles peuvent offrir souvent les mêmes caractères extérieurs et se ressembler fort peu au fond par leur composition élémentaire, ou bien inversement être constituées en réalité à peu près de même, tout en ayant une physionomie assez différente. Aussi l'étude en a-t-elle été longtemps douteuse. Elle a dû attendre les progrès des instruments et des méthodes d'investigation pour mener à des connaissances véritablement scientifiques.

Appliqué à l'observation des propriétés optiques des cristaux transparents, — et ils le sont presque tous, lorsqu'on les regarde en lames suffisamment minces, — le microscope a permis d'atteindre les plus petits éléments des roches, d'en estimer plus sûrement les proportions relatives, de préciser les caractères de ceux qu'on connaissait déjà, et d'en apercevoir qui étaient inconnus.

Nous avons indiqué antérieurement les découvertes déjà, et faites dans cette voie.

Aujourd'hui nous sommes forcés de donner un beaucoup plus grand développement à l'observation des sections minces en lumière naturelle ou polarisée; mais, tous ces faits nouveaux s'appuyant sur un assez grand nombre de principes tirés d'autres sciences, nous aurions pu renvoyer à chaque instant le lecteur à ces sciences et à leurs traités. Nous avons pensé

que notre ouvrage serait plus réellement utile en se suffisant autant que possible à lui-même, et, au risque d'en augmenter l'étendue, nous y avons introduit un résumé succinct, mais embrassant les notions géométriques et optiques nécessaires à l'intelligence des caractères des espèces minérales que nous trouvons dans les roches comme éléments essentiels.

Ce résumé, qu'on peut considérer comme un traité fort élémentaire de cristallographie physique, *forme notre premier livre. Le second est consacré à la* description des oches et de leurs éléments.

Pour mettre ce traité sur l'ensemble des roches à la hauteur des Connaissances actuelles, nous avons consulté les mémoires et les publications des savants de tous les pays, et nous leur avons emprunté bon nombre de renseignements et même quelques figures pour notre second livre.

Sans parler des ouvrages qui sont depuis longtemps dans le domaine public, nous citerons seulement la mikroskopische Physiographie der massigen Gesteine *de M. Rosenbusch, le traité de M. Zirkel intitulé :* Die mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine, *la* collection microphotographique (Mikrophotographische Sammlung) *de M. Cohen.*

En terminant cette préface, nous remercions vivement MM. Fouqué et Michel Lévy d'avoir bien voulu

nous autoriser à faire à M. le Ministre des Travaux publics la demande, qui nous a été gracieusement accordée, de reproduire quelques figures de leur grand ouvrage sur la Minéralogie micrographique des roches éruptives françaises.

PREMIER LIVRE

PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES

DES

MINÉRAUX ET DES ROCHES

PREMIÈRE PARTIE

CARACTÈRES PRÉLIMINAIRES

CHAPITRE PREMIER

DENSITÉ OU POIDS SPÉCIFIQUE

On appelle poids spécifique ou densité d'une pierre le nombre qui exprime combien de fois le poids d'un certain volume de cette pierre contient celui d'un égal volume d'eau.

Dans les ouvrages modernes, on emploie en général l'expression *densité*.

On emploie pour cela un assez grand nombre de procédés. Nous laisserons aux livres assez étendus pour contenir l'histoire de la science la description de ce vieil instrument, appelé *aréomètre*, qui fournit des évaluations trop grossières.

Méthode hydrostatique. — C'est le meilleur procédé. On se procure une bonne balance, qui n'a pas besoin d'être bien grande, mais qui doit être sensible au demi-milligramme. On peut donner à la colonne qui

supporte le fléau une plus grande hauteur que dans les trébuchets ordinaires (fig. 1). On remplace l'un des plateaux par un petit disque plat et mince, A, muni en dessous d'un crochet. Dans ce crochet on passe la boucle d'un fil de platine ab, qu'on choisit aussi fin que possible, et dont l'extrémité inférieure est nouée à trois autres fils du même métal; ceux-ci s'attachent à un petit panier c, formé d'un treillis de platine ou d'un métal inaltérable et tenace, à mailles très étroites. On pose sur le disque A la pierre dont on cherche la densité. On plonge le panier, qui est attaché au crochet a, dans un verre rempli aux deux tiers d'eau distillée.

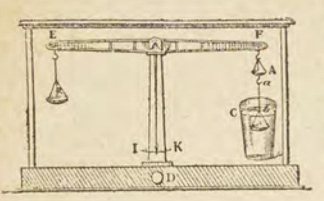


Fig. 1. — Balance.

Première opération. — Elle consiste à mettre la balance en équilibre. Pour y parvenir, on introduit dans le plateau B des poids ou de la grenaille de plomb, en quantité telle, que le fléau EF reste horizontal, lorsqu'on le soulève au moyen du bouton D. On voit que le fléau est horizontal, lorsque l'extrémité de l'aiguille, perpendiculaire au fléau, se trouve vis-à-vis du zéro d'un arc divisé IK.

Deuxième opération.— La pierre est retirée du disque A. Supposons que ce soit un diamant. Le fléau penche du côté B, quand on tourne le bouton D. On met sur le disque A des poids marqués, en quantité suffisante pour établir de nouveau l'équilibre. Ceux-ci se trouvent exactement dans les mêmes conditions que la

pierre qu'ils remplacent, et ils en représentent rigoureusement le poids. Soit $1^{gr}048$, ce poids.

Troisième opération. — On enlève les poids du disque A. La pierre est remise dans la balance, mais cette fois dans le panier *c;* elle est par conséquent plongée dans l'eau. En vertu du principe d'Archimède, elle subit une poussée verticale égale au poids de l'eau déplacée; le fléau n'est donc plus horizontal; il incline du côté du plateau B, lorsqu'on tourne le bouton D. On remet sur le disque les poids marqués nécessaires au nouveau rétablissement de l'équilibre. Ces poids qu'on ajoute, c'est ce que la pierre a perdu dans l'eau.

On a, par exemple, été obligé de mettre sur le disque $0^{gr}298$; c'est le poids de l'eau déplacée, celui d'un volume d'eau égal à celui de la pierre; car il est évident que celle-ci déplace un volume d'eau égal au sien. On n'a donc plus qu'à diviser $1^{gr}05$ par $0^{gr}298$.

$$\frac{1,05}{0,298} = 3,52$$

En substituant au panier *c* un godet de platine, dont il chasse l'eau en la chauffant à siccité, M. Damour a fait de ce procédé un des plus exacts que l'on connaisse.

Méthode du Flacon. — Elle est décrite dans tous les traités de physique.

Balance à spirale de Jolly. — Elle se compose d'une spirale de laiton suspendue à une potence par son bout supérieur, pendant que l'inférieur se termine par un crochet auquel on suspend un petit panier de métal; à celui-ci est attaché à son tour un panier de verre.

On force le panier de verre à plonger dans un vase

cylindrique rempli d'eau jusqu'à un niveau déterminé. Un index un peu supérieur à ce niveau se trouve à une certaine hauteur qu'on lit sur un miroir linéaire divisé, collé à la règle qui sert de support. On met le corps dans le panier de métal; on lit le niveau de l'index; le poids du corps a donc fait descendre la spirale d'un certain nombre de divisions. On retire le corps du panier supérieur dans celui de verre qui est lui-même plongé dans l'eau; la spirale remonte d'un certain nombre de divisions qui correspond à la perte de poids dans l'eau; le quotient du premier nombre par le second donne la densité.

Balance de M. Pisani. — M. Pisani prend le poids du corps au moyen d'une bonne petite balance, facile à tenir à la main; il mesure le volume de l'eau déplacé par le corps en centimètres cubes, et par conséquent son poids en grammes, au moyen d'un tube divisé renfermant une quantité d'eau, dont le volume est mesuré par la division du tube en regard de laquelle se trouve son niveau supérieur; le corps étant introduit dans le tube y fait remonter le niveau de l'eau jusqu'à une nouvelle division; en retranchant de celle-ci la première, on connaît le nombre de centimètres cubes occupés par l'eau que le corps a repoussée autour de lui. La balance et le tube gradué se logent ensemble dans une boîte qui permet d'emporter l'instrument avec soi en voyage.

Procédé de M. Thoulet. — D'après les indications de M. Fouqué, M. Thoulet a fait une heureuse application des différences de densités des corps à leur séparation dans les roches où ils se trouvent si intimement associés. M. Thoulet emploie un tube rempli d'une dis-

solution saturée d'iodure de potassium et de biiodure de mercure. Il y introdnit une certaine quantité de la roche concassée en petits grains de grosseur aussi égale que possible; les éléments plus lourds que la dissolution tombent au fond; les plus légers surnagent. En variant la nature et les proportions des matières dissoutes dans l'eau distillée, on peut obtenir des liqueurs où les grains de la roche concassée viennent s'étager les uns au-dessus des autres. Le tube est fermé en bas par un robinet de large ouverture qui permet de recueillir les matières au fur et à mesure qu'elles sont entraînées par la liqueur pendant qu'on maintient ouvert le robinet. A sa partie inférieure, on en a soudé un autre latéral plus étroit qui permet d'aspirer la liqueur convenablement préparée, lorsqu'on y plonge tout l'appareil.

Enfin, il porte des divisions qui permettent d'obtenir la densité d'une roche et de ses éléments par des lectures et des calculs faciles. Nous ne pouvons entrer ici dans plus de détails sur la disposition générale et les usages de cet appareil, dont on trouvera une description complète dans le *Bulletin de la Société minéralogique de France*, tome III, 1880, p. 17.

CHAPITRE II

DURETÉ — CASSURE

Une pierre est dite plus dure qu'une autre, lorsqu'elle la raie, et qu'au contraire elle n'en est pas rayée. Le

diamant est plus dur que la topaze. Pour le constater, on frotte une petite facette d'un diamant avec le sommet d'une des pyramides qui terminent les cristaux de topaze : on voit que ce sommet devient mousse, et, si la face de diamant se couvre d'une petite traînée blanchâtre, en passant le doigt sur cette poussière laissée par la topaze, on l'enlève. Vient-on à frotter au contraire une face d'un cristal de topaze avec la pointe d'un diamant, celle-ci entre dans le cristal, et y trace un sillon que le frottement du doigt ne fait plus disparaître. Il est facile d'effacer ce sillon en polissant de nouveau la face qui n'a pu résister à cette épreuve.

Mohs a choisi dix substances cristallisées, qu'il prend comme termes de comparaison, et dont l'ensemble a reçu le nom d'*échelle des duretés*. Voici cette échelle :

10. Diamant (carbone).
9. Corindon (alumine).
8. Topaze (silicofluate d'alumine).
7. Quartz hyalin ou cristal de roche (acide silicique).
6. Orthose (silicate d'alumine et de potasse).
5. Apatite (phosphate de chaux).
4. Fluorine (fluorure de calcium).
3. Calcaire (carbonate de chaux rhomboédrique).
2. Gypse (sulfate de chaux hydraté).
1. Graphite (carbone).

L'émeraude est plus dure que le numéro 7 ; elle l'est moins que le numéro 8; on représente cette dureté intermédiaire entre les deux numéros 7 et 8 par le numéro 7, 5. Ordinairement, au lieu d'essayer ainsi tous les termes de l'échelle, on fait un premier essai avec l'ongle; on distinguera ainsi facilement le gypse d'avec le calcaire; ensuite, on a recours à la pointe

d'un burin, ou à celle d'un canif. Tout ce qui est rayé par une pointe d'acier est au plus aussi dur que l'apatite (nº 5). Puis on essaie d'une pointe de cristal de-roche, du sommet d'un de ses cristaux ; toutes les substances rayées par le quartz sont des gemmes demi-dures ; à l'exception de l'opale, elles n'ont qu'une médiocre valeur.

On pourra ainsi distinguer du premier coup les lamelles de calcaire, de fluorine, de barytine, qui se rayent facilement, d'avec celles de feldspath, quartz, etc., qui ne sont pas entamées par le burin.

Quant aux caractères tirés de la cassure, l'on comprend facilement le sens des termes : *cassure vitreuse*, ou donnant lieu à des surfaces inégales ; *cassure conchoïde*, produisant des surfaces courbes qui rappellent les formes extérieures des coquilles ; *cassure esquilleuse* ou *écailleuse*, lorsque la surface qui en résulte présente des esquilles, comme celle d'un morceau de bois fendu, ou des espèces d'écailles en retrait les unes sur les autres ; *cassure plate*, lorsque le marteau donne lieu à des surfaces planes ou presque planes. L'on appelle *cassure spathique* celle qui fait obtenir des faces géométriquement planes et qui n'existe dans un minéral que s'il est cristallisé ; cette propriété se rattachant au clivage, nous en renvoyons l'étude aux traités de minéralogie. Nous rappellerons seulement que si des cristaux se clivent sous le choc du marteau ou à l'aide d'une lame de canif, les masses qu'ils forment par leur assemblage sont dites *laminaires*, si les faces de clivage sont très étendues ; *lamellaires*, si elles le sont peu.

DEUXIÈME PARTIE

CARACTÈRES GÉOMÉTRIQUES DES MINÉRAUX

CHAPITRE PREMIER

STRUCTURE CRISTALLINE — MESURE DES ANGLES

CRISTALLOGRAPHIE

Les éléments des roches ne sont pas toujours cristallisés ; de plus, lorsqu'ils le sont, ils se montrent peu souvent assez distincts les uns des autres, pour qu'on puisse déterminer leurs formes par l'étude seule de leurs contours. Ceux qui se sont constitués les premiers sont ordinairement les plus nets; mais fréquemment ils sont cassés. Dans les fentes des roches granitoïdes cependant, on rencontre quelquefois de magnifiques échantillons cristallisés de leurs éléments ou même de matières qui leur sont tout à fait étrangères. Dans la masse des porphyres il arrive aussi qu'une partie de la pâte s'est séparée çà et là en cristaux d'extraction en général difficile, mais dont on peut facilement reconnaître la configuration à l'œil nu. Le plus souvent, on n'a que des sections de cristaux effectuées dans des

formes qu'on ne connaît pas, suivant des directions également inconnues.

Or, déjà, dans une même espèce minérale, les formes peuvent varier à l'infini. Le calcaire en est un des exemples les plus frappants; mais un grand nombre d'espèce ont heureusement une forme dominante. C'est ainsi que les micas offrent à peu près constamment des prismes hexagonaux, le quartz un prisme à six faces, terminés par des pyramides hexagonales; les pyroxènes ont surtout dans les roches des formes caractéristiques.

Sans entrer dans beaucoup de développements sur la cristallographie générale, nous croyons nécessaire d'indiquer les moyens d'expliquer ce qu'on entend par cristal, structure cristalline, et de faire comprendre les moyens de rapporter à leur type, toujours très simple, toutes les formes si complexes et si nombreuses qu'on peut rencontrer dans une même substance minérale.

Il nous sera nécessaire aussi d'expliquer la notation adoptée dans cet ouvrage.

On sait que les corps sont susceptibles d'une divisibilité dont nous ne pouvons atteindre la limite, que cette limite existe cependant; car nous ne pourrions pas admettre vraiment nulle la dernière parcelle du corps, si petite qu'elle fût. Cette parcelle d'un corps, considérée à cette limite, est appelée *atome*. Non seulement nous n'y atteignons pas par les yeux, mais la division mécanique ne la fournirait pas à elle seule. En divisant un corps composé, du carbonate de chaux, par exemple, à l'aide du choc ou d'instruments tranchants, nous obtiendrions toujours du carbonate de chaux; la dernière partie de carbonate de chaux qu'on

se procurerait alors serait ce qu'on appelle une *molécule*, celle-ci étant composée d'atomes qu'on n'isolerait les uns des autres qu'au moyen de la chaleur, de l'électricité, etc.

Lorsque rien ne les gêne dans leurs mouvements, au moment où elles se groupent pour former un corps solide, les molécules s'orientent les unes par rapport aux autres. Parmi ces directions rectilignes de l'espace où elles peuvent se placer, choisissons trois lignes droites qui se coupent : OX, OY, OZ, que nous appellerons des *axes*.

Structure cristalline.—Marquons sur ces droites les positions A_1, $_2$ A_2, $A_3 \cdots$, B_1, B_2, $B_3 \cdots$, C_1, C_2, $C_3 \cdots$, occupées par les molécules.

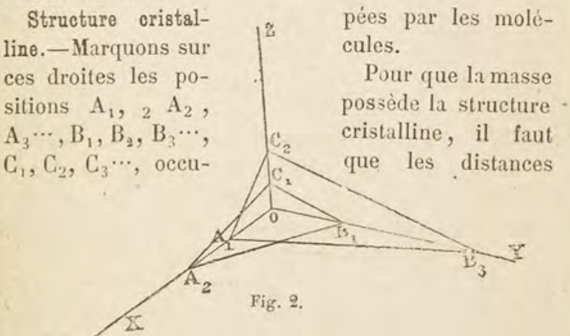


Fig. 2.

Pour que la masse possède la structure cristalline, il faut que les distances OA', $A_1 A_2$, $A_2 A_3$, ou OB_1, $B_1 B_2 \cdots$, OC_1, $C_1 C_2 \cdots$ restent les mêmes sur chaque direction, quand même elles varieraient de l'un à l'autre, c'est-à-dire qu'on ait :

Sur la droite OX $\quad OA_1 = A_1A_2 = A_2A_3 \cdots$
— OY $\quad OB_1 = B_1B_2 = B_2B_3 \cdots$
— OY $\quad OC_1 = C_1C_2 = C_2C_3 \cdots$

OA_1, OB_1, OC_1 étant égaux ou non.

On appelle *paramètres* les distances OA_1, OB_2, OC_1,

unités de longueur correspondantes à chaque direction.

Loi de rationalité. — Par trois points de division pris sur les trois axes, on peut faire passer un plan. On aura, par exemple, un plan $A_1\ C^2\ B_3$ déterminé par la molécule du n° 1 sur OX, par celle du n° 3 sur OY, enfin par celle du n° 2 sur OZ (fig. 3.).

Les longueurs interceptées sur les axes sont appelées *segments*. On nomme *coefficients* les

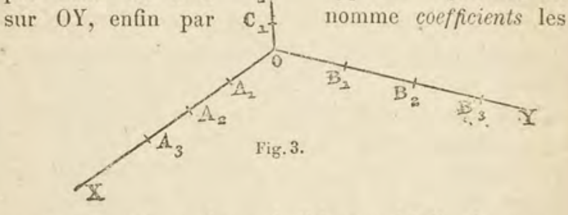


Fig. 3.

nombres 1, 2, 3, par lesquels il faut multiplier les paramètres OA_1, OC_1, OB_1 pour obtenir les segments.

Posons $OA^1 = a$ $OB_1 = b$ $OC_1 = C$, on aura $OA_1 = a$ $OB_3 = 3b$ $OC_2 = 2c$.

Le plan est alors représenté par les segments a : 3b : 2c ; le plan $A_2C_1B_1$ le serait par 2a : b : c.

D'une manière générale une face du cristal a pour expression :

ma : nb : pc.

Les plans ayant leur position déterminée par les rangs m, n, p, des molécules, ces nombres m, n, p sont nécessairement rationnels ou commensurables. L'observation montre qu'ils sont toujours très simples : 1/2, 2 ; $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{2}$; $\frac{1}{3}$, 3 ; $\frac{3}{4}$; $\frac{4}{3}$; $\frac{2}{5}$; $\frac{5}{2}$; $\frac{1}{4}$, 4 (1). Les plus sim-

(1) On a des fractions lorsqu'on prend pour paramètres a, b, c, des quantités assez grandes ; mais on peut les

ples $\frac{1}{2}$ et 2 sont de beaucoup les plus fréquents.

Toutes les fois que les molécules d'un corps s'orientent ainsi à des distances constantes sur chacune des différentes directions menées autour d'un point de leur masse, on dit que la structure de ce corps est *cristalline*.

L'ensemble des faces planes qui se limitent mutuellement sur le cristal en constitue la forme extérieure et dépend de la structure. Un cristal possède donc à la fois une forme et une structure cristallines.

Géométriquement, lorsqu'il est simple, un cristal est un polyèdre convexe, composé de *faces* qui se coupent suivant des droites appelées *arêtes*, et qui forment par leurs combinaisons 3 à 3, 4 à 4, etc., des *angles solides*. Les faces, arêtes, angles solides sont les *éléments* du cristal.

Similitude. — Géométriquement, deux polygones formant les faces d'un cristal sont *semblables*, lorsqu'ils ont le même nombre d'angles égaux semblablement disposés; leurs côtés sont alors proportionnels.

Mais les cristaux offrent ordinairement beaucoup de déformations; leurs éléments sont inégalement développés. Une face qui théoriquement devrait être un hexagone régulier a ses côtés inégaux; les angles n'en sont pas moins de 120°; c'est là ce qui reste constant et qui permet au cristallographe de rendre par la pensée à l'hexagone sa forme régulière et de regarder d'une manière générale comme semblables des faces qui

diviser toutes par un même nombre convenablement choisi; elles conservent le même rapport entre elles.

ont le même nombre d'angles égaux semblablement disposés. Des *arêtes* sont *semblables*, lorsqu'elles sont les intersections d'angles dièdres égaux et que dans la forme théorique corrigée de ses déformations elles ont la même longueur. Des *angles solides semblables* sont composés du même nombre d'angles plans ou d'angles dièdres égaux et semblablement disposés.

Plans de symétrie. — La plupart des formes cristallines peuvent être décomposées en parties semblables par un ou plusieurs plans, qu'on nomme *plans de symétrie.*

Lignes et Axes de Symétrie. — Une ligne droite est dite de symétrie, lorsqu'en tournant la figure d'une partie aliquote de circonférence, les éléments du cristal viennent s'appliquer sur des éléments semblables.

Nous appellerons *axes de symétrie* les lignes de symétrie passant par le centre. La symétrie en est dite binaire, ternaire, quaternaire, sénaire, suivant qu'il faut tourner le cristal de la moitié, du tiers, du quart, du sixième d'une circonférence pour que ses éléments viennent s'appliquer sur des éléments semblables après cette rotation. On appelle par abréviations *axes binaires*, *ternaires*, *quaternaires*, *sénaires*, ceux qui sont ainsi entourés de 2, 3, 4, 6 éléments semblables disposés symétriquement.

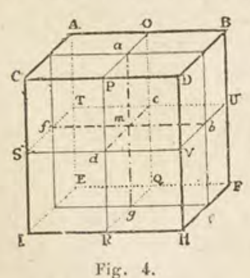


Fig. 4.

Connexions des différentes Formes dans la même Espèce ; Lois de Symétrie. — Généralement, comme nous l'avons dit, un corps non

organisé, de composition chimique définie, revêt des formes cristallines très variées, très différentes, au premier aspect; mais toutes présenteront les mêmes plans et les mêmes axes de symétrie. Prenons pour exemple le cube (fig. 4). Le plan OQPR, mené par les milieux O, P, Q, R de ses arêtes AB, CD, EF, HI, le divise en deux moitiés égales. Le second plan vertical *afgb*, mené par les milieux des arêtes antéro-postérieures, est aussi un plan de symétrie qui divise le solide en deux moitiés égales, semblablement placées, l'une en avant, l'autre en arrière. Enfin, le plan horizontal, mené par les milieux S, T, U, V des arêtes verticales, divise encore le cube en deux moitiés égales, symétriques, l'une au-dessus, l'autre au-dessous de ce plan.

Il y a donc dans cette forme trois plans de symétrie, perpendiculaires entre eux et de même symétrie; car rien ne distingue les uns des autres les demi-cubes qu'ils déterminent dans le solide primitif. Ces trois plans se coupent suivant trois droites *ag*, *bf*, *ed*, qui se rencontrent au centre *m*, et qui sont parallèles aux arêtes du cristal (fig. 5). Ces trois droites sont des axes de symétrie quaternaire. Les trois axes sont égaux et rectangulaires entre eux.

Fig. 5.

Comparons l'octaèdre régulier au cube (fig. 6). Soient trois axes *ag*, *bf*, *ed*, égaux et rectangulaires entre eux, coupant en *m*; menons des plans par leurs extrémités, prises trois à trois; huit plans ainsi déterminés, *afd*, *gbe*, *abd*, etc., forment en se coupant un solide

à huit faces triangulaires, qui est l'*octaèdre régulier*.

Il est facile de retrouver dans l'octaèdre, si on l'inscrit dans le cube, les trois plans de symétrie, et les trois axes quaternaires qui caractérisaient cette dernière forme. La figure montre en outre qu'on fait du cube un octaèdre régulier, en remplaçant ses huit cubes élémentaires, tels que P O B U V *d* D, par une pyramide triangulaire, *madb* (fig. 7).

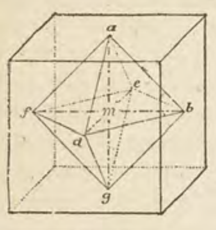


Fig. 6.

Loi de Symétrie.— D'une manière générale, on peut d'une forme en tirer une autre en remplaçant dans la première tous les éléments semblables par d'autres également semblables, à condition qu'on retrouve dans la seconde les mêmes plans et les mêmes axes de symétrie que dans la première. Les faces des différentes formes d'un cristal d'une même espèce minérale sont en même temps soumises, comme nous l'avons dit, page 18, et comme nous aurons à le redire encore, à la loi de rationalité.



Fig. 7.

Le premier problème cristallographique, celui de la détermination du type auquel on doit rapporter une forme, consiste par conséquent à chercher dans celle-ci ses plans et ses axes de symétrie. De nombreuses déformations empêchent fréquemment de reconnaître ces plans et ces lignes du premier coup.

Déformations. — L'octaèdre régulier, par exemple, a

pour caractère géométrique : l'égalité de ses faces qui sont des triangles équilatéraux et l'égalité des angles dièdres qui sont tous de 109° 28′ 30″. Beaucoup de cristaux ont cette forme; la magnétite ou fer oxydulé, par exemple. On trouvera tel de ces octaèdres où deux faces ont pris un accroissement exagéré. Mais ce qui reste caractéristique dans la forme, c'est la *constance des angles* (fig. 8). Tous les angles dièdres y valent toujours rigoureusement 109° 28′ 30″. Non seulement l'étendue des faces d'un polyèdre et les longueurs relatives de ses arêtes sont des caractères sans valeur dans un cristal, mais sa configuration générale et le nombre de ses faces sont des indices qui ne peuvent servir que pour un premier aperçu.

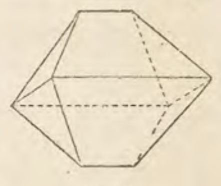


Fig. 8.

Les véritables caractères d'un cristal sont : 1° le nombre de dièdres égaux disposés autour des *axes*, ou bien à droite et à gauche des *plans de symétrie*; 2° le nombre ainsi que la répartition de ces axes et de ces plans de symétrie égale ou différente dans le cristal. On voit donc l'importance de la mesure des angles.

Mesure des Angles. — La mesure des angles plans ne comporte pas une assez grande précision pour être appliquée, en cristallographie, à la détermination des systèmes. Elle peut, il est vrai, servir à distinguer, dans les sections minces vues au microscope, leurs divers éléments; nous en renvoyons par conséquent les dispositions aux propriétés optiques.

La mesure des angles dièdres peut être au con-

traire effectuée avec toute l'exactitude désirable au moyen des goniomètres.

Goniomètre d'application. — Le moyen le plus simple de mesurer un angle, c'est d'appliquer en un point quelconque de l'arête, sur les deux faces du cristal, deux règles d'acier mobile, autour d'un axe perpendiculaire à leur plan. Il faut maintenir les deux règles, appelées *alidades*, bien perpendiculaires à l'arête. L'axe de rotation autour duquel tournent les alidades est un bouton saillant (fig. 9). Le bouton se place dans un trou percé au centre d'un cercle divisé, sur lequel on lit l'angle formé par les deux alidades, l'une d'elles passant par le zéro (fig. 10). Cet instrument est appelé *goniomètre d'application.*

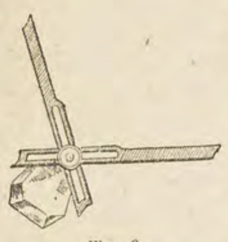


Fig. 9.

Pour avoir la valeur d'un angle dièdre la plus exacte possible, il est nécessaire de recourir aux *goniomètres dits à réflexion*.

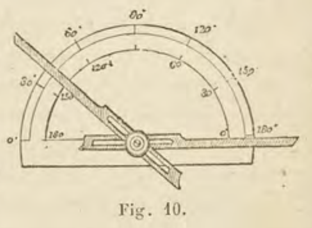


Fig. 10.

Goniomètre à Réflexion. *Son principe.*—La pièce essentielle de cet instrument, comme de tous les goniomètres, est le cercle qui sert à mesurer les angles dièdres; mais une application heureuse des lois de la réflexion de la lumière permet une approximation qui n'est limitée que par les défauts des faces cristallines elles-mêmes.

Le cercle est divisé en degrés et demi-degrés; il peut tourner sur lui-même et il est flanqué latéralement d'un vernier en forme d'arc de cercle immobile, portant à droite et à gauche d'un point fixe marqué 0 trente divisions qui équivalent ensemble de chaque côté à vingt-neuf des plus petites divisions du cercle, ce qui permet d'évaluer des trentièmes de degrés ou minutes. Mais, pour que cette précision ne devienne pas illusoire, il est de toute nécessité que le cercle soit rigoureusement parallèle à l'angle plan mensurateur du dièdre dont on cherche la valeur.

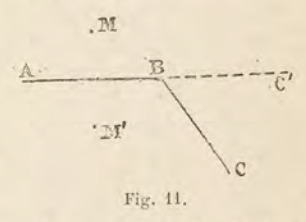


Fig. 11.

Supposons qu'il en soit ainsi, que le cercle divisé soit perpendiculaire à l'arête de l'angle dièdre et coupe les faces du cristal suffisamment prolongées suivant les droites AB, BC, qui forment l'angle plan mensurateur de l'angle dièdre.

Regardons sur la surface plane AB (fig. 11), assez brillante pour jouer le rôle de miroir, l'image d'une ligne droite éloignée, telle que l'arête d'un toit, et dirigeons le cercle perpendiculairement à cette ligne, que nous appellerons *la mire;* celle-ci et son image seront toutes deux parallèles à la face AB et perceront le plan du papier, la première en M et la seconde en M'. Or, un miroir mobile autour d'un axe perpendiculaire au plan du cercle est fixé au pied de l'instrument et donne de la mire une image parallèle à celle de la face AB. En tournant le cristal autour de son arête, on amène ces deux images à se superposer. On lit alors la division indi-

quée par le vernier. Cela fait, on tourne ensemble le cercle et le cristal autour de l'axe de l'un et de l'arête de l'autre, qui sont supposés se confondre en une seule ligne droite, jusqu'à ce qu'on obtienne la superposition de l'image de la mire vue dans le miroir resté fixe, et de l'image de la même mire vue dans la face BC amenée sur le prolongement Bc' de la première face AB. On lit la nouvelle division à laquelle le cercle s'est arrêté. La différence des nombres obtenus dans

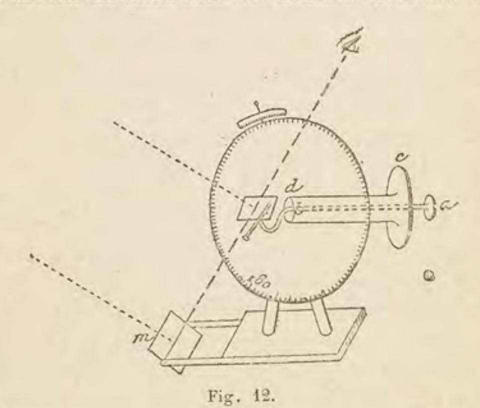


Fig. 12.

ces deux lectures fait connaître non pas l'angle lui-même, mais son supplément, puisque, pour donner à la face BC la direction AB prolongée, il faut tourner le cristal de l'angle C'BC, supplément de ABC.

En résumé, le cercle doit être perpendiculaire à la mire ; l'arête du cristal doit passer par le centre du cercle ; elle doit enfin être perpendiculaire à son plan.

Description de l'instrument (fig. 12). — Il se compose

d'un cercle divisé ou *limbe* muni de son vernier, fixé sur support qu'on peut dresser verticalement au moyen de trois vis calantes. Au support est fixé le miroir dont il a été question. Le limbe est traversé en son centre par une tige cylindrique *ab*, que nous appellerons *axe intérieur*, qu'on peut faire tourner sur elle-même, indépendamment du cercle qu'elle traverse, au moyen du bouton *a*. Cet axe entraîne dans sa rotation un système de deux pièces articulées, qui peuvent tourner autour de *deux axes rectangulaires entre eux*.

L'une de ces pièces est un arc de cercle, l'*étrier*, mobile autour d'un axe parallèle au limbe et passant par l'extrémité *b* de l'axe *ab* ; elle porte à son autre extrémité une sorte de gaîne perpendiculaire à sa direction en ce point, dans laquelle passe la seconde pièce. Celle-ci consiste en une simple tige, qu'on peut tourner sur elle-même ; c'est à son extrémité qu'on fixe le cristal.

Enfin, un tube *c d*, qui enveloppe l'axe intérieur, est adapté au limbe en *d*, et permet de le faire tourner au moyen du bouton *c*, mais cette fois en emmenant avec le limbe et l'axe intérieur et le cristal. Nous l'appellerons axe *extérieur*.

Diverses opérations de la mesure. — On commence par fixer le cristal au bout de la tige, au moyen d'un peu de cire à modeler, en s'arrangeant de façon que l'arête de l'angle dièdre soit aussi exactement que possible perpendiculaire au limbe et passe, autant que faire se peut, par son centre. Puis on dirige le limbe ou cercle divisé perpendiculairement à la ligne choisie pour mire ; l'œil est suffisamment bon juge quand cette ligne est éloignée d'au moins six mètres. Mais il

faut rendre les deux faces du dièdre à mesurer exactement perpendiculaires au limbe; on y arrive de la manière suivante : on amène la première face AB dans la position où l'œil peut voir superposées les deux images, que la face AB et le miroir donnent de la mire, comme nous l'avons vu plus haut; on exécute ce mouvement au moyen de l'axe intérieur qui laisse le limbe immobile. Généralement, les deux images superposées ne sont pas parallèles; on obtient ce parallélisme en changeant la direction de la face AB au moyen d'une des deux pièces articulées qui portent le cristal, de l'étrier par exemple. On amène alors la seconde face BC dans la même position; comme, en général, elle n'a pas non plus la direction où l'image qu'on y observe de la mire est parallèle à celle qu'on voit dans le miroir, on lui imprime la direction convenable au moyen de la seconde des deux pièces articulées. Le plus souvent, quand la seconde face est devenue perpendiculaire au limbe, le première ne l'est plus; mais on l'oriente de nouveau; puis, comme on a ainsi un peu dérangé la seconde, on retourne à celle-ci; après quelques tâtonnements, pour lesquels il faut toujours laisser à chacune des faces la pièce, étrier ou tige, qu'on a choisie pour elle au début, on parvient à rendre les deux faces perpendiculaires à la fois au cercle divisé.

Quant au centrage, il est suffisant lorsqu'on n'est pas obligé de déranger l'œil pour observer les coïncidences des images en passant d'une face à l'autre; sinon, il faut centrer de nouveau.

Cela obtenu, on procède à la mesure. On met la première face dans la situation qui permet de voir, en

parfaite coïncidence, l'image qu'elle donne de la mire et celle qu'en donne le miroir; toutes ces opérations ont été jusqu'ici effectuées au moyen de l'axe intérieur. Dès lors, il ne faut plus que l'œil change de place. Avec la main on saisit le bouton *c* de l'axe extérieur ; on amène la face BC sur le prolongement de la position qu'occupait la première en BC', et quand on aperçoit de nouveau la coïncidence des images vues dans le miroir et dans la face arrivée en BC', on fait la seconde lecture, comme nous l'avons dit en commençant.

Pour toutes ces observations des coïncidences d'images, il faut que l'œil soit le plus près possible du cristal; pour être sûr qu'il ne se déplace pas entre la première et la seconde lecture définitives, il est nécessaire que le cristal soit très petit. Si les faces du cristal sont un peu gauches, on masque avec de la cire à modeler toutes les portions qui ne sont pas planes et celles qui sont un peu éloignées de l'arête. Souvent on est obligé d'opérer dans un laboratoire d'où l'on verrait difficilement des mires extérieures ; on place dans ce cas une simple bougie à cinq ou six mètres de distance; on dirige le limbe parallèlement à la flamme et l'on fait coïncider les images des pointes de cette flamme.

CHAPITRE II

CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES SIX TYPES CRISTALLINS

Les formes des cristaux peuvent être rapportées toutes à six *types différents*, au moyen des lois de symétrie.

L'ensemble d'un type et des formes qu'on peut en déduire constitue un *système cristallin.*

Comme types des formes des différents systèmes, on adopte en France des parallélipipèdes, solides composés de quatre faces à forme de parallélogrammes, parallèles deux à deux, et comprises entre deux autres faces qui sont aussi des parallélogrammes. Les quatre premières, appelées *pans* ou *faces latérales*, se coupent suivant des lignes parallèles; les deux autres faces sont des *bases*.

Étant donné un prisme (fig. 33), on peut mener trois droites allant chacune du milieu d'une face au milieu de la face opposée (fig. 13). Ces trois droites sont appelées des axes en cristallographie; elles passent par le centre du cristal. Leurs longueurs et leurs inclinaisons relatives restent les mêmes dans les cristaux d'une espèce minérale, tout en variant d'une espèce à l'autre; elles peuvent donc être utilisées comme caractéristiques des espèces.

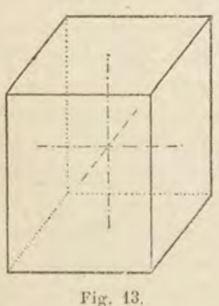


Fig. 13.

1er **Système. Cubique.**—Type : le *cube*, dont les faces sont toutes égales et perpendiculaires l'une sur l'autre.

Axes : trois axes rectangulaires et égaux.

2e **Système. Quadratique.** — Type : *le prisme droit à face carrée*. Quatre faces latérales, qui sont des rectangles; les deux bases perpendiculaires sur les pans sont des carrés.

Axes : trois axes rectangulaires, dont deux, paral-

lèles aux côtés de la base, sont égaux, et dont le troisième, parallèle aux pans, est différent des deux autres.

3e Système. Orthorhombique. — Type : *le prisme droit à base rhombe.* Quatre faces latérales, qui sont des rectangles : les deux bases perpendiculaires sur les pans ont la forme de *rhombes* ou *losanges*.

Axes : trois axes rectangulaires inégaux et parallèles, l'un aux arêtes du prisme, les deux autres aux diagonales de ses bases.

4e Système. Rhomboédrique. — Type : *rhomboèdre*, dont toutes les faces sont des rhombes égaux, mais obliques l'une sur l'autre.

Axes : trois axes égaux, obliques, mais également inclinés l'un sur l'autre.

5e Système. Klinorhombique. — Type : prisme ayant quatre faces latérales à forme de parallélogrammes ; les deux bases sont des rhombes ; elles sont inclinées sur les pans, mais dans une seule direction, d'arrière en avant, par exemple; elles sont également inclinées dans la direction perpendiculaire.

Axes : trois axes parallèles aux arêtes du prisme et aux diagonales de ses bases ; l'un d'eux seulement est perpendiculaire au plan des deux autres.

6e Système. — Type : un *prisme bioblique.* Quatre faces latérales à forme de parallélogrammes. Les deux bases sont ordinairement des parallélogrammes ; elles peuvent être rhombiques; mais elles sont toujours inclinées à la fois d'arrière en avant et de droite à gauche.

Axes : trois axes en général inégaux (deux peuvent quelquefois avoir la même longueur), toujours inégalement inclinés les uns sur les autres.

Étude analytique des six Systèmes.— Il vaut beaucoup

mieux désigner chaque système par sa dénomination que par son numéro d'ordre ; car celui-ci dépend du point de vue d'où on envisage les systèmes ; rien n'empêche de commencer par ce dernier ; c'est ce que nous ferons même dans cet ouvrage pour exposer plus rapidement les formes principales et leurs notations.

CHAPITRE III

SYSTÈME DU PRISME BIOBLIQUE

Synonymes : *Système triclinique* ou *asymétrique.*

Prenons un parallélipipède quelconque.

Plaçons verticalement quatre de ses bases formant prisme. Supposons que les deux autres soient inclinées d'abord d'arrière en avant et en outre dans une seconde direction de gauche à droite, par exemple. On peut choisir pour bases deux faces quelconques, et pour pans les quatre restantes ; les bases gardent toujours le caractère d'une double obliquité sur les pans, qui nous fait donner à cette forme le nom de *prisme bioblique.*

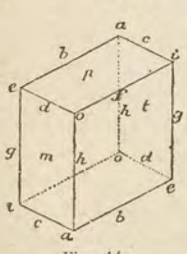


Fig. 14.

Notation. — De cette double obliquité il résulte que les angles dièdres formés par une des bases avec les pans sont différents les uns des autres ; les quatre arêtes de chaque base diffèrent toujours par la valeur des angles dièdres, auxquels elles correspondent ; on

les note au moyen des premières consonnes écrites dans l'ordre alphabétique et comme dans l'écriture ordinaire, la première *b* à gauche, la seconde *c* à droite, ce qui donne en quelque sorte une première ligne, et, à la seconde ligne, en dessous, *d* à droite, *f* à gauche. Les arêtes de la base inférieure sont opposées et égales deux à deux à celles de la base supérieure. Les quatre arêtes verticales de même longueur correspondent à deux sortes de dièdres; on les note *g* à gauche et à droite, *h* en avant et en arrière. Les angles solides du prisme sont dissemblables; ils sont notés au moyen des voyelles *a*, *e*, *i*, *o*, écrites d'après la même convention que les consonnes. Deux de ces angles opposés sont identiques. Deux faces opposées le sont aussi; mais les trois faces d'un même angle solide sont dissemblables. On les représente par les premières lettres des trois syllabes du mot *primitif*, *p*, pour les bases, *m* et *t* pour les pans.

Le Prisme et ses Zones. — Soit un plan LMPQ parallèle à l'arête *h* antérieure. Pour s'assurer de ce parallélisme, on dispose le cristal comme il convient pour la mesure de l'angle dièdre des faces *m*, *t*; puis, on le fait tourner autour de l'axe du goniomètre parallèle à l'arête *h*, comme si on voulait mesurer l'angle des faces *p* et LMPQ; on doit constater la coïncidence rigoureuse des images de la mire donnée par cette dernière face et par le miroir annexé au goniomètre (fig. 15). On dit que des faces forment une *zone* lorsque leurs intersections sont parallèles; l'*axe de la zone* est l'intersection commune de toutes ses faces lorsqu'on les transporte parallèlement à elles-mêmes jusqu'à ce qu'elles passent par le centre du cristal. La face LMPQ appar-

tient à la zone des faces *m*, *t*, et l'axe de cette zone est parallèle à l'arête verticale.

Détermination du Prisme. — Nous avons défini le prisme bioblique en général; les substances très nombreuses qui cristallisent sous une forme de ce genre se sépareront de toutes les autres; mais il faut maintenant les distinguer entre elles, en distinguant les uns des autres, s'il est possible, et leurs prismes et les formes qui s'y rattachent. Or, ces prismes diffèrent en réalité dans les différentes espèces minérales; ceux de l'axinite, par exemple, ont des arêtes tranchantes, presque dangereuses à manier, qu'on ne retrouve pas dans ceux de l'anorthite. On mesurera donc les angles dièdres que forment leurs faces. On représente pour abréger par *pm*, *mt*, *pt*, les angles des faces *p* et *m*, *m* et *t*, *p* et *t*. Au moyen de ces angles dièdres on calcule les angles plans *eoi*, *eoa*, *ioa* que les arêtes d'un même angle solide *o* font entre elles (1).

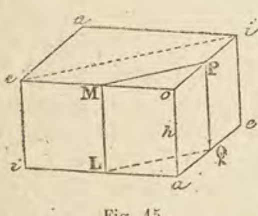


Fig. 15.

(1) Soit $aoi = \text{a}$ $eoi = \text{b}$ $eoa = \text{c}$
$pm = \text{A}$ $\text{mt} = \text{B}$ $\text{pt} = \text{C}$.
La trigonométrie sphérique donne les relations :

$$\text{tg}\,\frac{\text{a}}{2} = \pm \sqrt{\frac{\text{Sin S Sin (A-S)}}{\text{Sin (B-S) Sin (C-S)}}}$$

$$\text{tg}\,\frac{\text{b}}{2} = \pm \sqrt{\frac{\text{Sin S Sin (B-S)}}{\text{Sin (A-S) Sin (C-S)}}}$$

$$\text{tg}\,\frac{\text{c}}{2} = \pm \sqrt{\frac{\text{Sin S Sin (C-S)}}{\text{Sin (A-S) Sin (B-S)}}}$$

en posant : $\text{A} + \text{B} + \text{C} - 180^\circ = 2\text{S}$.

On pourrait mesurer directement les angles plans; mais le calcul au moyen des angles dièdres est plus exact que la mesure directe.

C'est tout ce que nous pouvons tirer d'un prisme. Quant aux longueurs de ses arêtes, elles n'ont rien d'absolu, puisqu'un cristal est susceptible de s'accroître indéfiniment; elles ne sont pas même dans un rapport constant, puisque les faces peuvent s'accroître les unes sans les autres. Mais presque toujours les prismes sont chargés de facettes plus ou moins nombreuses.

Soit une facette MNRS parallèle à l'arête *f*, dans la zone des faces *p* et *t*. Nous avons vu, page 33, comment on constate qu'une face appartient à une zone déterminée par deux faces qui se coupent (fig. 16).

Cherchons les segments OM, ON, interceptés sur les arêtes *oe* = *d* ou = *h*, par cette face. Pour cela, par le point *o*, nous mènerons un plan *o*HK perpendiculaire à l'arête *oi* et, par suite, aux lignes parallèles MR, NS. Ce plan coupe la face *p* (*ea*MR) suivant HA perpendiculaire à MR, la face MNRS suivant HK perpendiculaire également à MR; donc, AHK est l'angle plan qui mesure l'inclinaison de MNRS sur *p* ou *ea*MR. Le plan HOK coupant *oi*NS et MNRS suivant K*o* et KH toutes deux perpendiculaires à NS, l'angle *o*KH est de même l'angle supplémentaire du dièdre formé par les faces MNRS et *ae*NS ou *t*. Enfin, *o*H et *o*K, toutes deux per-

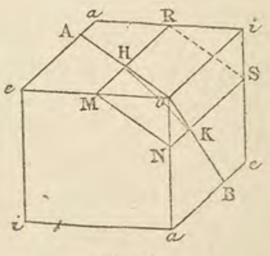


Fig. 16.

pendiculaires à *oi*, l'une sur la face *p*, l'autre sur la face *t*, forment ensemble l'angle HOK qui mesure l'inclinaison *p* sur *t*.

Cela posé, mesurons au goniomètre l'angle KHA, valeur du dièdre des faces *p* et MRNS. L'angle *o*HK en est le supplément; nous avons mesuré déjà, page 34, le dièdre des faces *p* et *t* qui a pour valeur H*o*K. Dans le triangle H*o*K on connaît donc deux angles; on peut calculer le rapport des deux côtés *o*H, *o*K.

$$\frac{oH}{oK} = \frac{\sin oKH}{\sin oHK}; \quad oKH = 180 - (oHK + HoK)$$

Comme *o*H et *o*K sont perpendiculaires, l'une à MR, l'autre à NS, on a :

$$oM = \frac{oH}{\sin oMH} \qquad oN = \frac{oK}{\sin oNK}$$

D'ailleurs, $oMH = 180° - eoi$ et $oNK = 180° - aoi$. Mais on connaît les angles plans *eoi*, *aoi*, et l'on sait que les sinus de deux angles supplémentaires sont égaux et de même signe ; on a donc définitivement :

$$\frac{oM}{oN} = \frac{\sin aoi}{\sin eoi}\,\frac{OH}{OK} = \frac{\sin aoi}{\sin eoi}\,\frac{\sin oKH}{\sin oHK}$$

Tel est le rapport $\frac{oM}{oN}$ des segments interceptés par la face MRNS sur les deux arêtes *eo*, *ea*.

Sur le même cristal ou sur un autre de la même espèce, cherchons une facette MPLQ parallèle à l'arête *h* dans la zone des faces *m*, *t* (voy. fig. 15).

Par un calcul analogue au précédent, nous obtiendrons le rapport $\frac{oP}{oM}$ des segments interceptés par cette face sur les arêtes *oe*, *oa*. Nous pouvons faire passer la face LMPQ par le point M, ou par tout autre point

de l'arète *oe*, pourvu qu'elle reste parallèle à elle-même.

Nous connaîtrons donc en défintive le rapport des deux segments *o*M,*o*P, au troisième *o*N.

Forme primitive. — Menons dans l'espace trois lignes *oe, oi, oa*, qui fassent entre elles les angles *eoa*, *aoi*, *eoi*, calculés plus haut. Donnons à ces lignes des longueurs *oe*, *oi*, *oa*, proportionnelles à OM, OP, ON, que nous venons de calculer; achevons le prisme; nous aurons ce qu'on appelle une *forme primitive*. Il est évident que nous aurions pu prendre les faces MNRS, MPLQ comme pans d'un prisme, aussi bien que les faces *a e i o*, ... que nous avons notées *p*, *m*, *t*. On prend en général pour faces du prisme primitif d'une espèce minérale celles qui s'y présentent le plus fréquemment, qui sont en quelque sorte les plus caractéristiques de cette espèce.

Formes dérivées. — Souvent sur un cristal ou sur différents cristaux d'une même substance on trouve un grand nombre de facettes. Soit, par exemple, une facette HKL qui coupe à la fois les trois arêtes du prisme dont on a fixé les dimensions, comme il vient d'être dit (fig. 17). En introduisant comme données dans des calculs analogues aux précédents les dièdres que la face HKL forme avec les faces du prisme, on arrive à connaître les segments OH, OK, OL.

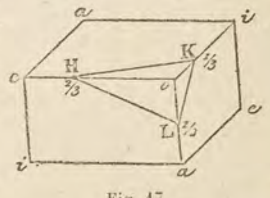


Fig. 17.

On trouvera par exemple, dans le cas figuré ici :

$$\text{OH} = \frac{2}{3}oe \quad \text{oK} = \frac{1}{3}oi \quad \text{OL} = \frac{1}{2}oa$$

et comme on a posé $oe = d$, $oi = f$, $oa = h$, on représentera la facette d'après la convention suivante :

On écrit en haut et à droite de chacune des arêtes, à la manière d'un exposant, le nombre qui est en réalité un facteur ou coefficient par lequel on doit multiplier la longueur de l'arête pour obtenir le segment correspondant. Le symbole de la face HKL est donc ici :

$$d^{2/3} f^{1/3} h^{1/2}$$

D'une manière générale, une face du système a pour notation : $d^{\frac{1}{m}} f^{\frac{1}{n}} h^{\frac{1}{p}}$, lorsqu'elle rencontre, comme la précédente, immédiatement les trois arêtes *d, f, h*. Elle pourrait être placée de façon à rencontrer d'abord les arêtes *b, c, h* (*h* postérieur), ou *b, d, g* (*g* de gauche), ou *c, f, g* (*g* de droite). Les quantités $\frac{1}{m}$ $\frac{1}{n}$ $\frac{1}{p}$ sont des fractions, des nombres entiers ou fractionnaires; elles sont toujours *rationnelles* et le plus fréquemment des plus simples.

La face HKL et son opposée parallèle constituent ensemble une *forme simple*. Dans le système bioblique les formes simples se réduisent ainsi à deux plans illimités; ces formes, qui ne se ferment pas d'elles-mêmes, sont appelées *ouvertes*.

Les deux bases *p*, les deux pans *m*, les deux pans *t* sont aussi des formes simples ouvertes. Les faces, telles que HKL, qui ne font pas partie de la forme primitive, sont dites *dérivées*.

Faces sur les Angles. — Soit sur le prisme primitif une face QR*a* ayant pour expression $d^{\frac{1}{m}} f^{\frac{1}{m}} h^{\frac{1}{p}}$ (fig. 18).

A cause de l'égalité des nombres $\frac{1}{m}$ qui multiplient les deux arêtes *d*, *f*, pour abréger son symbole, on est convenu de représenter la face par la même

lettre que l'angle solide dont elle intéresse les arêtes et d'écrire en haut et à droite de cette lettre le quotient, qu'on obtient en divisant les deux quantités égales $\frac{1}{m}$ par la différente $\frac{1}{p}$. Ici on aurait $o^{\frac{1}{m} : \frac{1}{p}} = o^{\frac{p}{m}}$.

Supposons que la face QRS ait pour expression : $d^{\frac{1}{m}} f^{\frac{1}{m}} h^{\frac{1}{m}}$, le symbole abrégé en sera $o^{\frac{1}{m} : \frac{1}{m}} = o^{1}$.

On dit que les faces QRA, QRS sont situées sur les angles o; leurs traces sur les faces sont parallèles aux diagonales qui joignent les extrémités des arêtes coupées par ces faces en parties proportionnelles; *ei* est, par exemple, parallèle à QR.

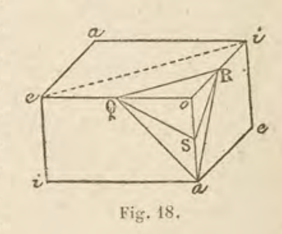


Fig. 18.

Faces parallèles aux Arêtes. — Soit la face HKLM et son opposée parallèle H'K'L'M', toutes deux parallèles aux arêtes g (fig. 19). HKLM enlève $\frac{1}{m}$ sur l'arête *ea* ou b, $\frac{1}{p}$ sur l'arête *eo* ou d; elle est parallèle à l'arête *ei* ou g. Elle a pour expression générale $b^{\frac{1}{m}} d^{\frac{1}{p}} g^{\frac{1}{o}}$. On est convenu d'abréger cette expression en représentant la face par la même lettre que l'arête parallèle et en écrivant, en exposant à droite de cette lettre le quotient des quantités enlevées sur chacune des deux autres arêtes. Le symbole abrégé est donc $g^{\frac{1}{m} : \frac{1}{p}} = g^{\frac{p}{m}}$.

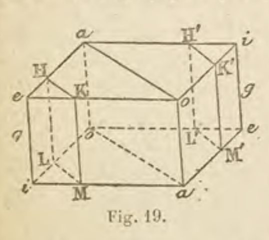


Fig. 19.

Dans notre figure la face HKLM est parallèle à la diagonale *ao* en même temps qu'à l'arête *ei* ou *g*. Les nombres $\frac{1}{m}$, $\frac{1}{p}$ sont égaux, puisque les segments *e*H, *e*K, sont proportionnels aux longueurs *ea*, *eo*; le symbole abrégé de fa face est g^1.

On voit que, d'après cette convention, les symboles abrégés des faces MPLQ et MNRS, des figures 15 et 16, doivent être h^1 et f^1, puisque nous avons donné aux arêtes du prisme des dimensions proportionnelles aux segments OM, OP, ON interceptés par ces faces.

Remarque. — L'observation a toujours montré jusqu'ici l'exactitude de cette loi de rationalité à laquelle sont soumis les segments interceptés par les faces des différentes formes sur les trois arêtes concourant au sommet de l'angle solide d'un prisme dont les angles et les arêtes sont déterminés, comme nous l'avons vu, au moyen des angles formés par cinq des faces qui se coupent.

Menons par le centre du cristal trois droites qui joignent deux à deux les milieux des faces opposées de ce prisme, nous aurons les trois *axes*.

Ces axes sont parallèles aux arêtes, ils font entre eux les mêmes angles que celles-ci et ils ont la même longueur; seulement, au lieu de se couper au sommet d'un angle, ils se rencontrent au centre. Les segments interceptés par les faces sur les axes seraient donc proportionnels à ceux qu'elles interceptent sur les axes, et ils seraient assujettis comme eux à la loi de rationalité; les longueurs des arêtes deviendraient ce que nous avons appelé les *paramètres* pour les axes. En résumé, toutes les assertions que nous avons exposées pour définir la structure cristalline, page 17, se trou-

vent maintenant démontrées par des observations incontestables.

Détermination pratique des Formes de ce Système. — Ces formes ne présentent jamais que deux dièdres égaux opposés.

CHAPITRE IV

SYSTÈME DU PRISME UNIOBLIQUE

Synonymes : *Système monoclinique* ou *monosymétrique*, ou du *prisme oblique à base rhombe*, ou du *prisme clinorhombique*.

Supposons que dans un prisme dont quatre faces sont placées verticalement, deux arêtes verticales *ee*, *ee*, étant l'une à droite et l'autre à gauche, dans le plan du papier, par exemple, les bases s'inclinent d'arrière en avant, mais d'un angle égal sur les pans (fig. 20). Divisons l'angle dièdre des pans antérieurs en deux dièdres égaux par un plan *aoao*, celui-ci forme avec ces pans et la base deux trièdres égaux, comme ayant un angle plan commun, l'angle *aoa*, compris entre deux dièdres égaux, ceux que les pans forment avec la base et ceux qu'ils forment avec le plan bissecteur. Donc, le plan *aoa* est perpendiculaire sur la base. A cause des inégalités d'accroissement que le cristal

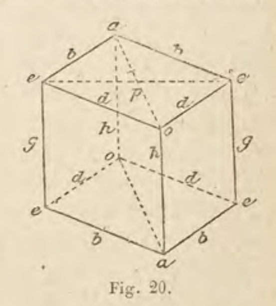


Fig. 20.

reçoit dans les différentes directions, les longueurs des arêtes de la base peuvent présenter tous les rapports possibles; mais, dans les formes prismatiques caractérisées par un plan également incliné sur deux autres qu'on peut appeler les plans du prisme, le plan *aoa* bissecteur de l'angle dièdre de ces pans est un plan de symétrie pour les facettes cristallines et divise en deux parties égales le prisme théorique, corrigé des inégalités naturelles de développement des arêtes; autrement dit ces arêtes *b*, *b*, sont égales. Donc, la base est un rhombe. On verra d'ailleurs plus loin que les propriétés physiques de chaleur, de lumière, etc., offrent des caractères identiques à droite et à gauche de ce plan de symétrie cristallographique. Le plan *aoa* coupe la base suivant *ao*, ligne de plus grande pente ou *diagonale inclinée*. La diagonale *ee* qui joint deux points symétriques par rapport au plan vertical *aoa* est *horizontale*. La ligne menée par le centre parallèlement à cette diagonale est un *axe de symétrie;* car, tournée de 180° autour de cette ligne, la figure ne changerait pas d'aspect. On appelle souvent *section principale* le plan de symétrie.

Notation du prisme. — Les arêtes *ae*, *ae*, notées *c*, *b*, dans le système précédent, sont égales ici; on les note *b*. Les arêtes *oe*, *oc*, devenues aussi semblables, prennent la même notation *d*. Il en est de même des angles solides, droit et gauche (*e*, *i* du prisme bioblique), qu'on note *e*. De même enfin, les deux faces *m* et *t* du prisme (fig. 14) sont notées *m*, puisque rien ne les distingue plus l'une de l'autre.

Axes. — Les angles plans *eoa* sont égaux à droite et à gauche de l'arête *h*. Le prisme klinorhombique a

donc pour double caractère l'égalité de deux arêtes d'un même angle solide *o* et leur égale inclinaison sur le troisième. Les lignes droites menées par le centre parallèlement aux arêtes du milieu d'une face opposée sont caractérisés de même ; ce sont les lignes que nous prendrons pour axes.

Quelques cristallographes français et tous les étrangers prennent pour axes une ligne verticale passant par le centre et deux autres droites menées par le centre, et parallèles, l'une à la diagonale inclinée, l'autre à la diagonale horizontale. *Celle-ci est perpendiculaire au plan des deux autres*, qui est le plan de symétrie. Ces trois axes sont inégaux.

Dimensions du Prisme. — Reportons-nous à la page 34 Nous avions mesuré les dièdres *pm*, *mt*, *pt;* ici $pm = pt$ et $mt = mm$, puisque $t = m$. Nous n'aurons donc besoin de mesurer que les angles de *p* avec *m* et celui des deux faces *m*. La trigonométrie permet de calculer au moyen de ces deux angles dièdres les angles plans *coe* (de la base), *eoa* (d'une face latérale) en même temps que l'angle *aoa* qui mesure l'inclinaison de la base sur l'arête antérieure verticale *h*. Une seule face, telle que MNRS, suffit maintenant pour calculer les dimensions d'un prisme, qu'on prendra, si on veut, comme primitif, puisque, le prisme ayant ses arêtes basiques de même longueur, on n'a besoin de connaître que le rapport d'une de ces arêtes à celle de la hauteur.

En résumé, on construit le prisme en connaissant l'angle de ses faces *m*, l'inclinaison de sa base sur l'intersection *h* de ces faces, et le rapport des longueurs d'une arête de sa base et de sa hauteur *h*. On choisit

pour faces du prisme dans chaque espèce celles qu'on y observe à peu près constamment, surtout celles qui sont parallèles à des clivages. Les faces *m* des cristaux d'amphibole sont, par exemple, parallèles aux clivages des cristaux de cette espèce. La base *p* de l'orthose est également parallèle à la direction plane du clivage facile de ses cristaux où dominent en même temps les deux faces adoptées pour pans de leur forme primitive.

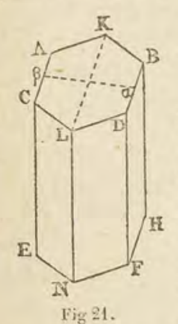


Fig 21.

Formes dérivées.—Nous ne parlerons que des plus essentielles (fig. **21**).

Prisme hexagonal. — C'est la combinaison d'un prisme clinorhombique ayant, par exemple, ABCD pour base, CLEN, LDNF, ainsi que les faces opposées, pour pans et de deux faces BDF et son opposée, parallèles aux arêtes latérales *g* et à la diagonale inclinée, parallèles par conséquent au plan de symétrie KLN déterminé par cette diagonale et par l'arête LN ou *h*, puisque celle-ci est elle-même parallèle à l'arête *g*. La face BDFH, étant parallèle à KL, enlève sur les arêtes de la base des segments proportionnels à leurs longueurs totales; elle a pour symbole

$$b\frac{1}{m}\, d\frac{1}{m}\, g\frac{1}{o}, \text{ par abréviation } g^1.$$

Prisme oblique rectangulaire. — (Faces g^1 et h^1) (fig. **22**). Un plan KK'MM', parallèle à l'arête *h* et à la diagonale horizontale *ee*, intercepte sur les arêtes *oe*, *oe'* des segments OK, OK', proportionnels à leurs longueurs. Il a pour symbole $d\frac{1}{m}$, $d\frac{1}{m}$, $h\frac{1}{o}$, par abré-

viation h^1. Ce plan et son opposé parallèle, combinés aux deux plans g^1 (HKM, H'K'M'), forment un prisme rectangulaire oblique HH' KK' MM', car, les côtés de leurs bases étant parallèles aux deux diagonales *ao*, *ee'* rectangulaires, produisent ensemble un rectangle. Les lignes qui joignent deux à deux les milieux des faces de ce prisme constituent le second système d'axes dont nous avons parlé (trois axes inégaux, dont un perpendiculaire au plan des deux autres).

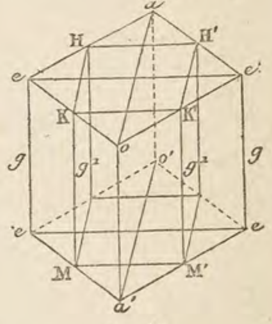


Fig. 22.

Hémioctaèdres.—Un plan HKLM, parallèle à une arète *ae* de la base, intercepte des segments aH $=$ 1/4 *ae* ou b, aK $=$ 1/2 *ao* ou h; il a pour symbole : $b\frac{1}{4}$, $h\frac{1}{2}$, $b\frac{1}{0}$, par abréviation $b\frac{1}{4} : \frac{1}{2} = b\frac{1}{2}$ (on prend comme diviseur le segment correspondant à la hauteur) (fig. 23).

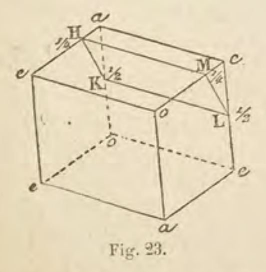


Fig. 23.

Il faut sur la seconde arête *ae* une face symétrique, et les arètes antérieures de la base inférieure, étant semblables aux arêtes postérieures de la base supérieure, seront également remplacées par des faces parallèles chacune à l'une

des précédentes ; on aura, en définitive, quatre faces parallèles deux à deux, ayant pour symbole $b^{1/2}$, une arête *ae*. Les quatre arêtes *d* pourraient aussi être remplacées par des faces également parallèles 2 à 2 et constituant une zone dont l'axe est parallèle à une autre arête *ae*.

Les deux prismes, en se combinant, forment un solide à huit faces triangulaires, un *octaèdre*.

On peut donc les appeler *hémioctaèdres*.

Les trois figures (24, 25, 26) montrent l'octaèdre et les

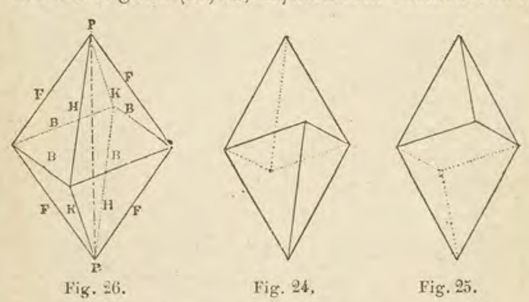


Fig. 26. Fig. 24. Fig. 25.

deux hémioctaèdres dont il est formé. Ceux-ci ont pour base commune un rhombe dont les côtés sont parallèles aux arêtes basiques *b*, *d* de la forme primitive. C'est pourquoi on appelle cet octaèdre *clinorhombique*. Les mêmes lettres majuscules indiquant sur la figure 26 les dièdres égaux, on voit que ceux-ci se répètent symétriquement des deux côtés du plan PHKP, qui est le plan de symétrie *aoao* de la figure 20.

Octaèdre oblique rectangulaire. — Il résulte de la combinaison d'un prisme à quatre faces parallèles à la diagonale horizontale et d'un prisme à quatre faces paral-

lèles à la diagonale inclinée. Ces deux prismes se coupent suivant un rectangle mené par le centre parallèlement aux bases *aeoe* de la forme primitive. Deux plans parallèles du premier prisme interceptent sur les arêtes *ae*, *ae* des segments égaux $\frac{1}{m}ae$ et sur l'arête *h* postérieure un segment $\frac{1}{n}h$; ils ont pour symbole $a\frac{n}{m}$; les deux autres plans parallèles rencontrent l'arête *h* antérieure à la distance $\frac{1}{n}h$, et les arêtes *oe*, *oe* à des distances $\frac{1}{m}d$; ils ont pour symboles $o\frac{n}{m}$. Enfin, les 4 faces du second prisme interceptent des segments $\frac{1}{m}b$, $\frac{1}{m}d$, $\frac{1}{n}g$ et ont pour symboles $e\frac{n}{m}$ (fig. 27).

La notation des arêtes montre que les dièdres égaux sont situés de chaque côté d'un plan de symétrie perpendiculaire aux faces antéropostérieures, et à la diagonale horizontale.

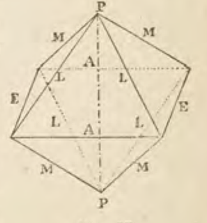


Fig. 27.

Toutes les formes qu'on rencontre dans le prisme clinorhombique se décomposent de même en systèmes de deux plans perpendiculaires à un plan de symétrie ou d'un prisme à quatre faces parallèles deux à deux et inclinées du même angle sur ce plan de symétrie.

Caractère pratique. — On reconnaît qu'une forme cristalline appartient à ce système en constatant l'égalité des angles dièdres semblablement disposés à droite et à gauche d'un même plan. On est convenu de placer toujours celui-ci devant soi.

CHAPITRE V

SYSTÈME DU PRISME ORTHORHOMBIQUE

La base reste un rhombe ou un rectangle; mais elle est également inclinée dans toutes les directions sur les pans du prisme (fig. 28).

Prisme orthorhombique. — Les arêtes basiques correspondent toutes à des dièdres de 90°; elles ont la même longueur; elles sont donc toutes semblables et toutes notées *b;* les angles solides antérieurs et postérieurs, ayant même composition, ne diffèrent pas non plus et sont notés *a;* les angles solides latéraux restent distincts des précédents, mais semblables entre eux; on les appelle *e*. Il y a toujours deux arêtes verticales *g*, l'une à droite, l'autre à gauche, deux arêtes *h*, l'une en avant, l'autre en arrière ; deux bases *p* et quatre pans *m*.

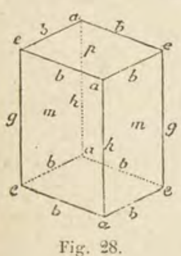


Fig. 28.

Dimensions du Prisme choisi comme Forme primitive. — Il suffit ici de connaître l'angle *mm* des deux faces de ce prisme et le rapport d'une des arêtes *b* à la hauteur *h*; c'est ce qu'on obtient au moyen de deux angles dièdres. On choisit comme faces du prisme primitif, ainsi que nous l'avons déjà dit, celles qui dominent dans les cristaux de l'espèce qu'on veut déterminer, surtout celles qui sont parallèles à des directions de clivage.

Axes.—Les lignes menées par le centre du milieu d'une face opposée sont, comme toujours, parallèles aux

arêtes, et forment comme elles un système de droites dont *deux sont égales, obliques entre elles et perpendiculaires à la troisième, qui a une longueur différente.*

On peut aussi, comme dans le système précédent, prendre pour axes trois lignes passant par le centre et parallèles, la première à une arête verticale, la seconde aux diagonales *aa*, la troisième aux diagonales *ee*. On obtient ainsi : *trois axes inégaux en longueur, mais rectangulaires entre eux.*

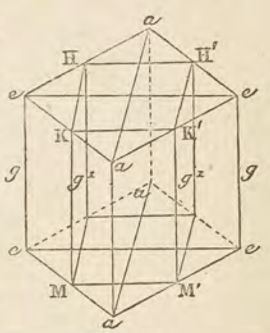


Fig. 29.

Prisme droit à Base rectangle. — On peut, comme pour le système précédent, inscrire un prisme rectangulaire HH'KK'MM' dans ce prisme primitif ; il sera également composé de deux faces h^1 et de deux faces g^1 (fig. 29).

Plans et Axes de Symétrie. — La base étant à 90° des pans et des arêtes h,h, aussi bien que des arêtes g, des plans h^1, aussi bien que des plans g^1, les trois plans menés par le centre parallèlement à ces derniers h^1, g^1 et à la base p, divisent chacun le prisme orthorhombique et le rectangulaire en demi-prismes égaux : et ce sont *des plans de symétrie.*

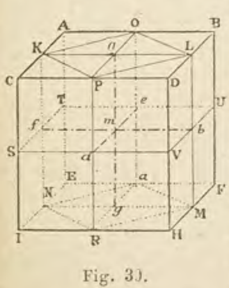


Fig. 30.

Ces trois plans OPRQ, KLMN, STUV se coupent sui-

vant trois droites *ag*, *de*, *fb*, qui passent par le centre et qui sont des axes de *symétrie* (fig. 30). (C'est le second système d'axes dont nous avons parlé plus haut.) La symétrie de ces trois lignes n'est que *binaire*.

Formes dérivées. — Les huit arêtes *b* étant semblables sont remplacées ensemble par des plans parallèles (fig. 31).

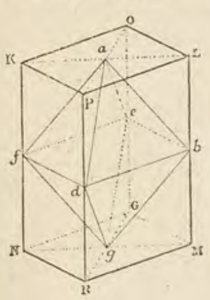


Fig. 31.

Chacun de ces plans a pour expression : $b^{\frac{1}{o}}\ b^{\frac{1}{m}}\ g^{\frac{1}{n}}$, ou ce qui revient au même : $b^{\frac{1}{0}}\ b^{\frac{1}{m}}\ h^{\frac{1}{n}}$, par abréviation $b^{\frac{n}{m}}$. Les huit plans $b^{\frac{n}{m}}$ produisent un *octaèdre*, *forme fermée*, puisqu'ils enferment une partie de l'espace sans le secours d'une autre forme. La base commune aux deux pyramides supérieure et inférieure est la section droite du prisme.

Octaèdre droit rectangulaire.— Il se compose, comme dans le système précédent, de deux prismes, dont l'un est aussi formé de quatre faces parallèles deux à deux en même temps qu'à la diagonale *aa*, mais dont l'autre, au lieu d'être la combinaison de deux couples de faces parallèles entre elles et chacune de leur côté à la diagonale *aa*, est devenu, à cause de la similitude des quatre angles *a*, une forme simple constituée par quatre faces parallèles à cette dernière diagonale (fig. 32). Ces deux octaèdres se reconnaissent par la répétition de leurs angles dièdres

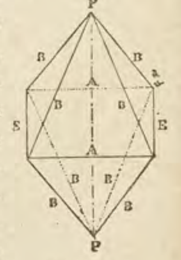


Fig. 32.

égaux, à droite et à gauche de trois plans rectangulaires entre eux. Ces trois plans, qui sont ceux de symétrie, ressortent d'eux-mêmes dans la figure dont les arêtes dessinent quatre à quatre trois sections rhombiques (fig. 33). Ils coupent les faces de l'octaèdre rectangulaire suivant leurs lignes de plus grande pente. On les appelle souvent *sections principales*.

Toutes les formes simples de ce système, lorsqu'elles présentent toutes leurs faces possibles, se ramènent à des prismes et à des octaèdres orthorhombiques, ou aux deux systèmes de plans parallèles h^1 et g^1, et toutes les faces sont ou perpendiculaires, ou disposées symétriquement de chaque côté des sections principales ou plans de symétrie. Les formes plus complexes ne sont que des combinaisons des formes simples et conservent la même disposition relativement aux sections principales. En résumé, les formes complètes du système orthorhombique ont pour caractères : 1° l'égalité des angles dièdres distribués à droite et à gauche de chacun des trois plans de symétrie ou sections principales, ce qui les distingue des formes des systèmes précédents; 2° la variation des angles dièdres disposés de chaque côté des plans de symétrie, quand on passe d'un de ces plans à un autre, ce qui les distingue des formes des systèmes suivants. (Voyez les figures ci-dessus représentant les octaèdres où les dièdres égaux sont notés au moyen des mêmes lettres, et les différents à l'aide de lettres différentes aussi.)

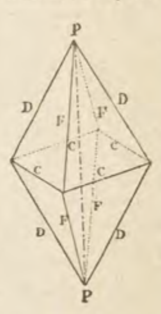


Fig. 33.

CHAPITRE VI

SYSTÈME RHOMBOÉDRIQUE

Nous avons dit que le classement des systèmes ne dépend que du point de vue auquel on se place. Comme nous aurons à étudier, surtout pour la détermination des cristaux dans les roches, leurs propriétés optiques, et comme celles-ci sont communes aux cristaux du système dont il est ici question et du suivant, le quadratique, nous rapprochons l'un de l'autre les deux systèmes.

La plupart des espèces du système rhomboédrique ont des formes bien variées; mais un certain nombre, le calcaire, par exemple, se cassent, à l'aide d'un marteau, en fragments qui ont tous la forme de parallélipipèdes. Les trois faces de deux angles solides opposés C, F, sont inclinés 2 à 2; l'une sur l'autre de 105°5'. Autour des angles A, B, D, H, I, E, les trois faces forment un dièdre de 105°5' et deux dièdres de 74°55', supplémentaires du précédent (fig. 34). Les trois dièdres qui entourent les angles solides C, F étant égaux, leurs angles plans le sont aussi (ACI=ICD=ACD=BFF=BFH=EFH). Nous appellerons *homogènes* les deux angles C, F. Nous pouvons répéter ici, pour les pans comme pour les bases de ce prisme, ce que nous avons dit à propos des bases seulement du prisme clinorhombique; l'égalité des dièdres AC, CD, CI implique

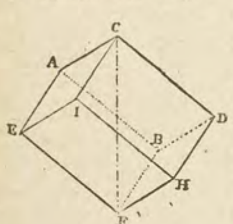


Fig. 34.

théoriquement celle des longueurs des arêtes correspondantes ; si on restitue à ces arêtes une longueur égale, toutes les faces du solide sont des rhombes; c'est pourquoi on l'appelle *rhomboèdre*.

Plans de Symétrie. — Au prisme clinorhombique, nous avons vu que, les dièdres AC, CD étant égaux, le plan bissecteur du dièdre CI passe par la bissectrice de l'angle plan ACD, ou, en d'autres termes, par la diagonale BC, et que c'est un plan de symétrie. Les trois dièdres ACID, BDCI, BACI étant égaux, les trois plans menés 1° par l'arête AC et la diagonale CH, 2° par l'arête CD et la diagonale CE, 3° par l'arête CI et le diagonale BC, sont des plans de symétrie. Les trois plans se coupent suivant la ligne CF, qui joint les deux angles solides homogènes C, F.

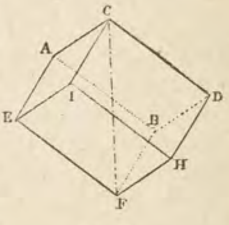


Fig. 35.

Faisons tourner la figure autour de la diagonale horizontale AD jusqu'à ce que la ligne CF soit verticale (fig. 35). En menant les diagonales AF, IF, DF, on aurait trois triangles CAF, CIF, CDF égaux (comme ayant leurs trois côtés égaux); donc les angles ACF, ICF, DCF sont égaux; il en est de même des angles AFC, IFC, DFC, qui sont ceux des angles de la droite CF avec les faces du rhomboèdre auxquelles leurs plans sont perpendiculaires. Les arêtes et les faces sont donc disposées symétriquement par trois autour de la droite CF, qu'on peut appeler un *axe de symétrie ternaire*.

De plus, les arêtes AC, CI, CD ayant la même lon-

gueur et faisant avec l'axe CF des angles égaux, leurs extrémités AID sont sur un plan perpendiculaire à la verticale CF, c'est-à-dire horizontal, qui coupe le rhomboèdre suivant le triangle équilatéral AID. Les points E, H, B sont de même en dessous les sommets d'un triangle équilatéral EHB horizontal. Un plan mené par le centre du rhomboèdre parallèlement aux deux triangles AID, EHB, coupe le solide suivant un hexagone *abcdef* horizontal, qui passe par les milieux des arêtes EA, AB, BD, DN, HI, IE, à cause de la disposition symétrique des faces dont les intersections déterminent ces arêtes. Cet hexagone est régulier; son plan est un plan de symétrie. On a donc quatre plans de symétrie, dont un, perpendiculaire au plan des trois autres, les coupe suivant trois droites inclinées entre elles de 60° ou de 120°. On a souvent avantage en physique à prendre comme axes ces trois droites, en y ajoutant la quatrième qui leur est perpendiculaire. La symétrie est ternaire pour celle-ci, qui est l'axe vertical, et lui a fait donner le nom d'axe de *principale symétrie;* elle n'est que binaire pour les trois autres.

Fidèles à notre convention, nous conservons géométriquement comme axes trois lignes menées par le centre parallèlement aux arêtes du prisme; ces trois axes sont égaux et inclinés également l'un sur l'autre; ils ont, comme les arêtes, une symétrie binaire.

Dimensions du Prisme. — Les arêtes ayant la même longueur, leur rapport de longueur égale 1. Il suffit donc de connaître un angle dièdre pour construire le rhomboèdre ou un rhomboèdre. Il est plus facile de le construire avec l'angle plan; on calcule celui-ci au moyen de l'angle dièdre (fig. 36).

Notation du Rhomboèdre. — Les deux angles solides opposés homogènes, formés par des faces égales, également inclinées l'une sur l'autre, sont notés *a;* on les appelle *angles culminants;* les six autres sont composés d'un angle plan égal aux précédents et de deux angles supplémentaires, semblablement disposés; ils sont semblables et notés *e:* ce sont les *angles latéraux;* les trois arêtes qui concourent aux sommets des angles *a* sont semblables et notées *b:* ce sont les

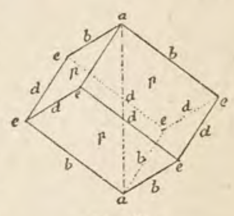


Fig. 36.

arêtes culminantes. Elles correspondent ici à des angles dièdres obtus. Les six arêtes qui joignent deux à deux les sommets des angles *e* correspondant à des dièdres aigus supplémentaires des premiers sont notés *d.* On les appelle *arêtes latérales* ou en *zigzag.* Les faces étant toutes semblables sont notées *p* (fig. 37).

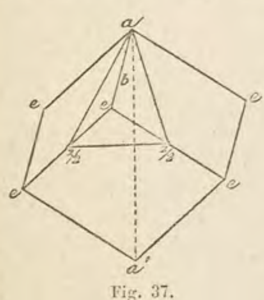


Fig. 37.

Formes dérivées. — *Face* $e^{1/2}$; *le vrai rhomboèdre inverse.* Un plan intercepte une arête *b* entière, et la moitié des arêtes *ee*, *ee* ou *d* qui concourent avec la précédente au sommet d'un angle *e.* Elle a pour expression $b^1, d^{1/2}, d^{1/2}$, et par abréviation $e^{1/2}$. Elle satisfait à la symétrie binaire qui caractérise l'arête *b*; elle coupe la face du rhomboèdre suivant un côté de l'hexagone régulier hori-

zontal mené par le centre. Les six arêtes b semblables étant modifiées de même donnent un solide à six faces.

Il est facile de voir que la face ${}^1e^{1/2}$ et la face p du rhomboèdre primitif qui lui est sous-jacente sont symétriques par rapport à l'axe et font le même angle avec lui. Aussi les six faces $e^{1/2}$, en se coupant, déterminent-elles un solide identique au primitif, à part la différence de position. Le rhomboèdre dérivé $e^{1/2}$ a ses faces vis-à-vis des arêtes du primitif, et réciproquement ; il est tourné à 60° de ce dernier, il possède les mêmes angles.

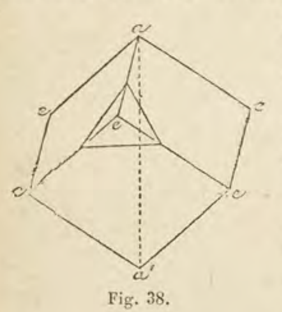


Fig. 38.

Rhomboèdre e^1. — Il intercepte sur les arêtes b, d, d, d'un même angle solide latéral e un même segment $\frac{1}{m}$; on a donc $b\frac{1}{m}$ $d\frac{1}{m}$ $d\frac{1}{m}$ ou $e\ \frac{1}{m} : \frac{1}{m} = e^1$ pour son symbole (fig. 38).

Ce rhomboèdre est plus aigu que le précédent, puisque ses faces vont rencontrer beaucoup plus loin l'axe aa'.

Prisme hexagonal e^2. — Supposons que le plan qui modifie l'angle e aille rencontrer l'arête b et l'axe aa' de plus en plus loin, il finira par lui devenir parallèle ; les six faces du rhomboèdre devenues verticales formeront, en se coupant, un prisme hexagonal de longueur indéfinie, forme ouverte, dont le symbole est e^2, comme on le prouverait facilement par une construction géométrique. Ce prisme est terminé dans les cristaux par d'autres formes, tantôt par des rhomboèdres aigus ou obtus, tantôt par des plans parallèles

aux triangles équilatéraux et qui lui donnent des bases.

Face a^1.—Le triangle équilatéral interceptant sur les arêtes b qui concourent aux sommets des angles a des segments égaux ou proportionnels à leur longueur a pour symbole $b_{\frac{1}{m}}\ b_{\frac{1}{m}}\ b_{\frac{1}{m}}$ ou a^1.

Faces $a^{\frac{m}{n}}$.— En modifiant les angles a par des plans symétriques par rapport à une des arêtes b et interceptant sur celle-ci un segment $\frac{1}{n}$ et sur les deux autres des segments $\frac{1}{m}$, on obtiendrait des rhomboèdres $a^{\frac{m}{n}}$.

Second Prisme hexagonal d^1. — Si on remplace les arêtes latérales d par des faces verticales, on obtient un second prisme hexagonal. On voit qu'il a pour symbole $d_{\frac{1}{o}}\ b_{\frac{1}{m}}\ d_{\frac{1}{m}}$ ou d^1. Il est, par sa position, inverse du premier (fig. 39).

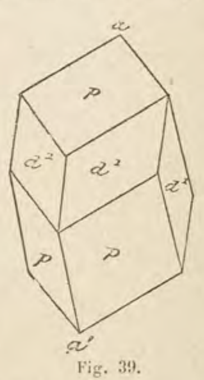


Fig. 39.

Scalénoèdres. — Si l'on casse les faces d'un rhomboèdre suivant les diagonales inclinées, et qu'on fasse tourner chaque système de demi-faces du même angle autour de ces diagonales comme charnières, les six faces du rhomboèdre en donnent douze, qui ont en général la forme de triangles scalènes. Les lettres majuscules placées sur les arêtes montrent la disposition ternaire des dièdres de même valeur autour de l'axe vertical PP. Les faces de ces scalinoèdres, placées symétriquement à droite et à gauche des plans de symétrie ou sections principales du rhomboèdre, interceptent, sur les trois

arêtes qui concourent au sommet d'un même angle, des segments $\frac{1}{m}, \frac{1}{n}, \frac{1}{p}$.

Pour certains rapports entre les segments m, n, p, les triangles scalènes deviennent isocèles, le polygone gauche qui leur sert de base commune devient un hexagone plan, et les dièdres égaux sont alors distribués par six autour de l'axe vertical. On a un *dihexaèdre*, ou double pyramide à six faces.

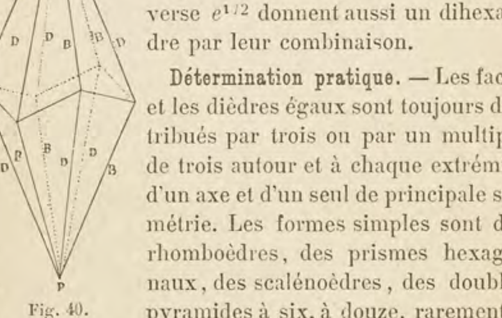


Fig. 40.

La rhomboèdre primitif et son inverse $e^{1/2}$ donnent aussi un dihexaèdre par leur combinaison.

Détermination pratique. — Les faces et les dièdres égaux sont toujours distribués par trois ou par un multiple de trois autour et à chaque extrémité d'un axe et d'un seul de principale symétrie. Les formes simples sont des rhomboèdres, des prismes hexagonaux, des scalénoèdres, des doubles pyramides à six, à douze, rarement à trois faces, enfin deux plans perpendiculaires à l'axe de principale symétrie, qui se combinent de façon à donner un nombre infini de formes souvent très complexes, mais qu'on analyse toujours facilement en décomposant leurs dièdres en systèmes disposés symétriquement autour de leur axe principal.

Des Formes hexagonales. — Pour la plupart des espèces qui cristallisent, dans le système rhomboédrique, on prend pour forme primitive un rhomboèdre d'où dérivent toutes ces formes caractérisées, comme la

primitive, par leurs arêtes en zigzag, et dont les prismes et les pyramides à base et à section droite hexagonale ne sont que des cas particuliers. Mais un certain nombre d'espèces minérales, telles que l'émeraude, le phosphate de chaux, le chlorophosphate ou le chloroarséniate de plomb, ne montrent jamais la moindre facette rhomboédrique. On a trouvé plus simple de leur donner comme type de leur série cristalline un prisme hexagonal (fig. 41)

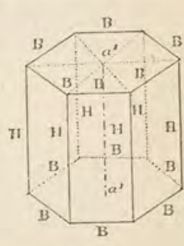


Fig. 41.

Prenons le prisme comme forme primitive. La figure 41 montre ses éléments semblables : deux bases P aux extrémités de l'axe vertical *aa'* ; six pans M ; douze arêtes basiques B (six à chaque base) ; 6 arêtes verticales H ; douze angles solides A.

Plans de Symétrie. — On y observe d'abord un plan de symétrie horizontal mené par le centre et deux systèmes de plans de symétrie verticaux, composés, le premier, de trois plans perpendiculaires à deux faces opposées ; le second, de trois plans qui passent par deux arêtes également opposées.

Axes de Symétrie. — Un axe vertical à symétrie sénaire et trois axes horizontaux menés par le centre du milieu d'une face au milieu de la face opposées ou trois axes menés par le centre suivant les diagonales de la section droite, qui est un hexagone régulier.

Les formes dérivées du prisme hexagonal se composent : d'un second prisme hexagonal dont les faces sont parallèles aux arêtes du primitif et coupent deux arêtes adjacentes B de ses bases à des distances égales

$(H\frac{1}{v}\, B\frac{1}{m}\, B\frac{1}{m}$ ou $H^1)$; des prismes à douze faces formés par des couples de faces symétriquement placées, l'une à droite, l'autre à gauche des mêmes arêtes du primitif; des doubles pyramides à six faces ou dihexaèdres (fig. 42), des didodécaèdres ou doubles pyramides à douze faces (fig. 43).

Caractère pratique. — Le caractère pratique de toutes ces formes, c'est qu'elles présentent toutes six dièdres égaux à chaque pyramide ou sur le prisme autour d'un axe de principale symétrie, axe PP des deux dernières figures, axe marqué a^1 a^1 dans la fig. 41.

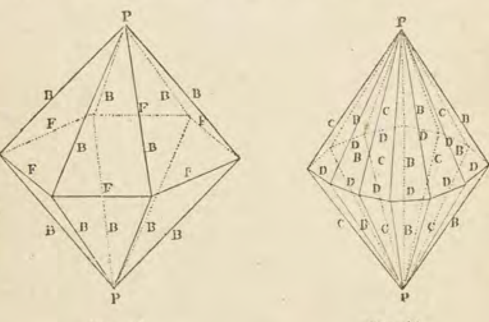


Fig. 42. Fig. 43.

De l'Hémiédrie plagièdre. — Les cristaux de quartz ont la forme de prismes hexagonaux terminés à chaque extrémité par des pyramides hexagonales. Quelquefois le prisme y disparaît plus ou moins complètement. Les pyramides hexagonales résultent de la combinaison d'un romboèdre primitif p et de son inverse e^1.

On s'attendrait à voir sur les angles du primitif deux facettes symétriquement placées de chaque côté des trois

plans de symétrie, qui mèneraient au scalénoèdre. On voit que des deux facettes symétriques par rapport à chacun de ces plans, il ne s'en développe qu'une. Le scalénoèdre se réduit à un solide à six faces qui n'a plus de plan de symétrie, bien que son axe vertical garde toujours la symétrie ternaire caractéristique. Les facettes s'inclinent toutes dans la même direction sur le même cristal; elles y sont disposées suivant des sortes d'hélices, enroulées à droite sur certains cristaux, à gauche sur les autres.

On appelle *hémièdres* les formes qui n'ont que la moitié des faces que présentent celles de même origine à symétrie complète dans le même système, et plus spécialement *plagièdres*, celles qui n'ont plus de plans, de symétrie. Le quartz fait tourner le plan de la lumière polarisée dans la direction où s'inclinent les facettes dissymétriques.

CHAPITRE VII

SYSTÈME QUADRATIQUE

Soit un prisme droit à quatre faces ayant pour base un carré.

Plans et Axes de Symétrie. — Les trois plans menés par son centre parallèlement à ses faces sont des plans de symétrie rectangulaires entre eux, et les intersections de ces plans *ag*, *de*, *fb* sont trois axes de symétrie également perpendiculaires les uns sur les autres. De plus, $de = fb$. On a donc *trois axes parallèles aux*

arêtes du prisme, rectangulaires entre eux, et dont deux sont égaux. On pourrait mener par les arêtes verticales deux autres plans, et par les diagonales de la section droite deux axes de symétrie perpendiculaires l'un sur l'autre (fig. 44).

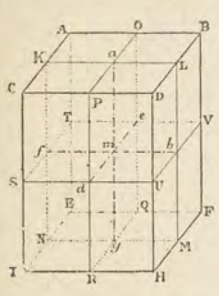


Fig. 44.

L'axe vertical a une *symétrie quaternaire ;* les autres ont une *symétrie binaire.* L'axe vertical est dit *principal.*

Notation du Prisme. — Les éléments semblables sont : huit arêtes basiques *b ;* quatre arêtes verticales *h ;* huit angles solides *a ;* deux bases *p ;* quatre pans *m.*

Dimensions du Prisme. — Supposons les huit arêtes semblables *b* remplacées par des faces qui leur soient parallèles et s'inclinent sur la base (fig. 45). Les huit faces nouvelles produisent un octaèdre ou double pyramide à quatre faces. Mesurons le dièdre de deux faces adjacentes des pyramides supérieure et inférieure. Appelons *d* le demi-angle *bo* de l'octaèdre, *b* le côté de la base, *h* la hauteur *ho*, $\text{tgd} = \frac{1/2\, h}{1/2\, b} = \frac{h}{b}$.

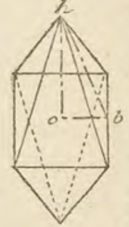


Fig. 45.

Le même cristal porte souvent les facettes de plusieurs octaèdres étagées les unes au-dessus des autres. On aura $\text{tgd}' = \frac{h'}{b'}$ pour l'une, $\text{tgd}'' = \frac{h''}{b''}$ pour l'autre. En faisant

les calculs, on voit que tgd' = mtgd, tgd = ntg d, m et n étant des nombres rationnels, toujours fort simples, 2, 3, 1/2, 1/3, etc. Si on prend un de ces rapports $\frac{h}{b}$, on aura fixé la hauteur et la base d'un octaèdre et du prisme circonscrit ; c'est celui-ci qu'on prend pour forme primitive.

Formes dérivées. — Les formes simples du système quadratique (fig. 46) sont un prisme quadratique inverse $h\frac{1}{0}$ $b\frac{1}{m}$ $b\frac{1}{m}$ ou h^1, des octaèdres $b\frac{1}{o}$ $h\frac{1}{m}$ $b\frac{1}{n}$, qu'on note par abréviation, suivant la convention indiquée plus haut, $g\frac{m}{n}$, ou $h\frac{1}{m}$ $b\frac{1}{n}$ $b\frac{1}{n}$ $\left(a^{\frac{m}{n}}\right)$, des prismes et des doubles pyramides à base octogonale (fig. 47).

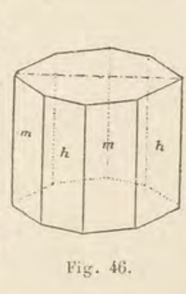


Fig. 46.

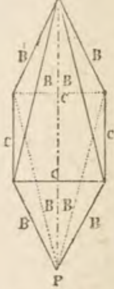


Fig. 47.

Caractères pratiques. — Quatre angles dièdres égaux intersections de quatre faces formant une zone autour de l'axe de principale symétrie, ou disposés en pyramides aux deux extrémités de cet axe, qui a, comme nous l'avons dit plus haut, une symétrie quaternaire.

CHAPITRE VIII

SYSTÈME CUBIQUE

Nous avons vu, page 20, que le cube a trois plans de symétrie et trois axes égaux et rectangulaires entre eux, parallèles à ses arêtes ou par les milieux de deux faces opposées. Ces axes ont tous les trois une *symétrie quaternaire*, comme l'axe principal du système quadratique.

On peut aussi, en plaçant verticalement une des grandes diagonales du cube qui joignent deux angles solides opposés, constater qu'elles ont toutes les quatre une *symétrie ternaire*, comme l'axe principal des cristaux du système rhomboédrique.

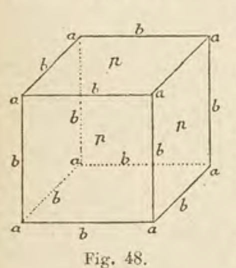


Fig. 48.

Enfin, les lignes qui joignent les milieux des arêtes opposées ont une *symétrie binaire*.

Il y a donc, en résumé, dans le cube, trois axes de symétrie quaternaire, quatre de symétrie ternaire, six de symétrie binaire.

Notation du Cube. — Douze arêtes semblables *b ;* huit angles solides *a ;* six faces *p*. Les éléments des prismes, au fur et à mesure qu'ils deviennent semblables, sont, comme on le voit, en comparant leur notation à celle du prisme doublement oblique, notés au moyen de lettres de plus en plus élevées dans l'ordre alphabétique (fig. 48).

Formes dérivées. Octaèdre régulier. — Produit par des faces qui interceptent sur ces trois arêtes b d'un même angle solide a, des segments égaux $b\frac{1}{m}\, b\frac{1}{m}\, b\frac{1}{m}$ ou a^1.

Il est formé de huit pyramides triangulaires, OPQR (fig. 50), *mabd* (fig. 49), qui ont le centre du cube pour sommet commun et les faces de l'octaèdre pour bases.

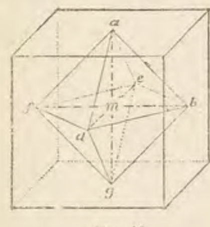


Fig. 49.

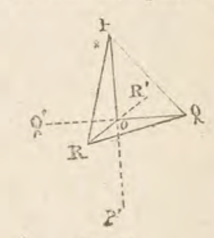


Fig. 50.

Octotrièdre. — Ces bases peuvent être chargées de trois triangles isocèles symétriquement placés autour des axes ternaires, et le solide devient un *octotrièdre* (fig. 51).

Il est produit par des faces qui interceptent sur les trois arètes b de chaque angle solide des segments $b\frac{1}{m}\, b\frac{1}{n}\, b\frac{1}{n}$ et a pour notation $a\frac{1}{n} : \frac{1}{m}$ ou $a\frac{m}{n}$, m étant plus que petit n.

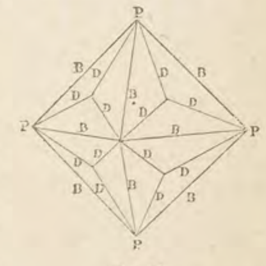


Fig. 51.

Icositétraèdre ou Trapézoèdre. — Les huit régions élémentaires du cube peuvent être occupées par des trièdres qui ont toujours le centre du cube pour som-

met commun, mais qui se terminent extérieurement par un système de trois faces à forme de quadrilatères (fig. 52 et 53). Ces quadrilatères ont leurs côtés adjacents égaux deux à deux; on leur donne souvent en cristallographie le nom de *trapézoïdes symétriques*, et

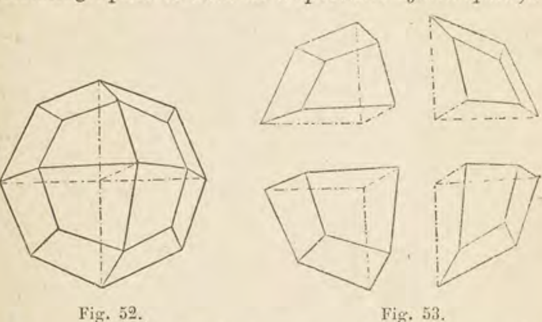


Fig. 52. Fig. 53.

la forme qui résulte de leur ensemble a été appelée *trapézoèdre*. Beaucoup d'auteurs trouvent mauvaise cette dénomination, qui ferait confondre les quadrilatères avec les vrais trapèzes dont deux côtés sont parallèles et donnent à cette forme le nom d'*icositétraèdre* (solide à vingt-quatre faces). Les trapézoèdres ont pour symbole : $a \frac{m}{n}$ comme les octotrièdres ; mais m est plus grand que n.

Hexoctaèdre. — Les huit régions sont ici limitées extérieurement par des angles solides à six faces (fig. 54).

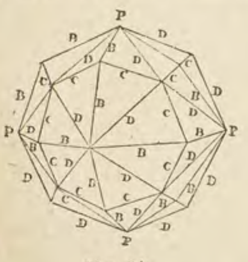


Fig. 54.

Hexatétraèdre ou Cube pyramide. — Solide terminé

extérieurement par six pyramides à quatre faces à forme de triangles isocèles, qui coiffent les faces du cube et qui sont parallèles à ses arêtes. Elles ont pour symbole $b^{\frac{1}{o}}\ b^{\frac{1}{m}}\ b^{\frac{1}{n}}\ (b^{\frac{m}{n}})$ (fig. 55).

Dodécaèdre rhomboïdal. — Supposons que deux triangles isocèles adjacents de la forme précédente tournent autour de leur base commune, jusqu'à ce qu'ils soient sur le même plan. Leurs côtés restés égaux deviennent ceux d'un rhombe, et le solide total qui n'a plus que douze faces est nommé *dodécaèdre rhomboïdal*. Ces faces ont pour symbole : $b^{\frac{1}{o}}\, b^{\frac{1}{m}}\, b^{\frac{1}{m}}$ ou b^{1} (fig. 56).

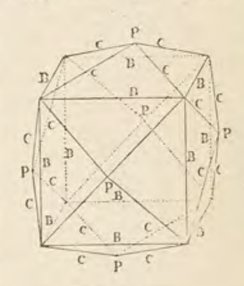


Fig. 55.

Caractère pratique des Formes du Système cubique. — Les lettres majuscules inscrites sur les arêtes des formes précédentes montrent la disposition symétrique des angles dièdres égaux qui leur correspondent par trois ou par quatre autour des axes que nous avons appelées de *symétrie ternaire* et *quaternaire*.

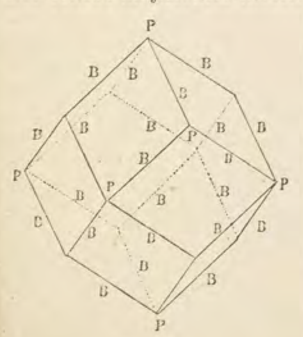


Fig. 56.

Les formes simples que nous venons de décrire, en se combinant les unes avec les autres, peuvent donner lieu à des formes extrêmement com-

plexes; mais leur caractère commun est de présenter trois angles dièdres égaux autour de quatre directions également inclinées l'une sur l'autre, ou quatre dièdres égaux autour de trois directions rectangulaires entre elles.

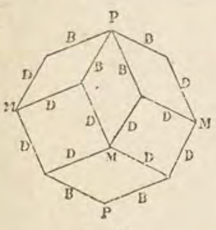


Fig. 57.

La figure 57 montre un dodécaèdre qui ressemble au premier abord au rhomboïdal précédent; mais celui-ci est une combinaison d'un prisme quadratique et d'un octaèdre placé sur les angles du prisme. Tandis que dans le dodécaèdre du système cubique les angles dièdres B se répètent égaux quatre par quatre autour des trois axes qui joignent deux à deux les angles solides P, dans celui de la figure 55, il ne reste plus que deux angles solides P, aux extrémités d'un axe à symétrie quaternaire, les axes qui joignent deux à deux les quatre angles solides M, n'ayant qu'une symétrie binaire.

CHAPITRE IX

DE L'HÉMIÉDRIE

On a vu qu'à une même forme primitive se rattachent d'autres formes qu'on nomme dérivées, qu'on peut observer seules ou combinées entre elles dans toutes les espèces minérales; les lois de symétrie limitent non pas le nombre maximum des faces que peut offrir une espèce, mais le nombre minimum. Un

cube, par exemple, ne devra pas offrir sur ses angles moins de huit faces, puisqu'ils sont tous semblables, et qu'ils ne peuvent être modifiés l'un sans l'autre. Les cubes de blende (fig. 58) cependant ne portent des facettes que sur quatre de leurs angles, et cela de telle façon qu'un angle modifié alterne avec un angle resté intact.

Fig. 58.

Dans la blende on observe même le solide que forment ces faces prolongées jusqu'à leur rencontre ; c'est non plus un octaèdre, comme dans le cas où les huit angles du cube sont tous remplacés par des plans, mais un *tétraèdre* formé de quatre faces qui se coupent deux à deux (fig. 59). Dans la pyrite les arêtes du cube sont modifiées par des facettes qui leur sont parallèles. Les arêtes d'un cube sont des axes de symétrie binaire ; une facette ne peut se produire d'un côté de l'arête sans se trouver répétée de l'autre côté ; la forme résultant des douze arêtes remplacées ainsi chacune par une paire de facettes symétriques est le cube pyramidé. Dans la pyrite (bisulfure de fer), il n'en est pas ainsi ; chaque arête n'est remplacée que par une face, bien que celle-ci s'incline plus d'un côté que de l'autre. La forme résultante n'a donc plus que douze faces ; on l'appelle *dodécaèdre pentagonal*, parce que ses douze faces (fig. 60) sont des pentagones. Ces formes n'ont que la moitié des faces qu'elles auraient si elles sui-

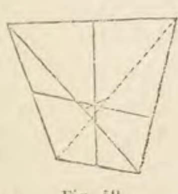
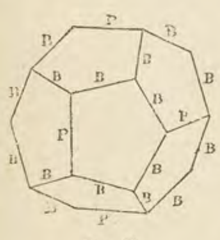


Fig. 59.

vaient les lois de la symétrie telles que les a posées Haüy et telles que nous les avons énoncées. A cause de cela on les nomme *hémièdres*.

On ne peut dou'er qu'elles appartiennent tout aussi bien que les holoèdres (celles qui ont toutes les faces voulues par les lois d'Haüy) au système cubique, puisqu'on les observe seules ou combinées à des formes holoèdres de ce système.

Dans tous les systèmes, excepté dans celui du prisme bioblique on trouve de ces formes hémièdres ; elles sont souvent en connexion avec des propriétés physiques spéciales (*pyro-électricité, polarisation rotatoire*).


Fig. 60.

Quelques-unes n'ont plus de plans de symétrie (*plagièdres du quartz*, *facettes des acides tartriques*). Dans celles qui n'ont plus de faces parallèles deux à deux (*tétraèdres*), les axes de symétrie n'ont plus leurs extrémités opposées semblables (*hauteurs des tétraèdres*); mais si le degré de symétrie d'un des axes d'une forme holoédrique s'abaisse, les axes de même symétrie éprouvent les mêmes altérations dans la forme hémiédrique correspondante.

CHAPITRE X

GROUPEMENT DES CRISTAUX

Des cristaux qui se forment les uns auprès des autres se touchent et s'accolent souvent d'une manière

quelconque. Dans un assez grand nombre de cas, cependant, on observe que deux ou plusieurs cristaux sont unis par une face plane, tantôt par une des faces qu'ils présentent d'habitude, et tantôt par une de celles qu'ils pourraient offrir, et que le calcul permet de prévoir, sans qu'on l'ait observée. Un exemple simple de groupement régulier se rencontre dans certains cristaux de rubis spinelle (fig. 61). Deux cristaux de cette substance de forme octaédrique se joignent par une de leurs faces au moment de leur formation ; ils sont l'un par rapport à l'autre dans la même position qu'un objet et son image vue dans un miroir. Les secondes faces du dièdre, dont les deux premières sont au contact, forment entre elles un angle rentrant.



Fig. 61.

Très fréquemment, pour rendre aux deux demi-cristaux groupés la forme d'un cristal simple, il suffit de tourner l'un des deux de 180° autour d'une perpendiculaire au plan de jonction. C'est pour cette raison que les cristaux groupés d'après cette loi sont appelés *hémitropes*.

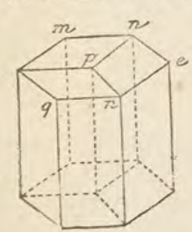


Fig. 62.

En général, le degré de symétrie est plus élevé dans un groupe de cristaux que dans ses éléments (fig. 62).

Dans les carbonates anhydres cristallisés en prismes droits à base rhombe, dont l'angle est voisin de 120°, on voit souvent trois cris-

taux se grouper de manière à offrir extérieurement la forme d'un prisme hexagonal, et, comme l'a montré M. Descloizeaux par de nombreux exemples, il est à remarquer que les trois angles *mpq*, *nmp*, *epq* ne valant pas tout à fait 360° ensemble, il reste un vide comblé n'importe comment ; l'ensemble forme un prisme hexagonal qui est régulier au point de vue géométrique, mais que ses propriétés optiques permettent de décomposer en ses éléments. Trois systèmes de stries qui se coupent sous des angles de 120° manifestent le groupement de trois cristaux dans un assez grand nombre d'espèces du système orthorhombique (fig. 63). Quelquefois, au lieu de trois cristaux, on a des associations de demi-cristaux ou de combinaisons de cristaux entiers ou incomplets. On admet même aujourd'hui qu'un certain nombre d'espèces minérales à formes géométriquement cubiques sont composées de formes qui appartiennent en réalité à d'autres systèmes. On les appelle *pseudo-cubiques*. On y voit en effet des phénomènes optiques propres aux systèmes biréfringents s'y reproduire symétriquement par rapport à des points, à des lignes ou à des plans qui décomposent la forme générale en solides élémentaires pouvant appartenir aux systèmes des prismes droits ou obliques. Cette théorie, proposée par M. Mallard pour expliquer les anoma-

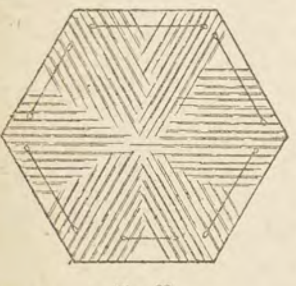


Fig. 63.

lies optiques de plusieurs substances géométriquement cubiques, donne de ces phénomènes une explication générale très satisfaisante, que nous redouterions pourtant d'appliquer à certaines matières telles que l'alun et le diamant. On comprend que nous ne pourrions traiter cette question plus amplement ici. Elle a été l'objet de nombreux travaux de MM. Klein, Klocke, Ben Saude, qui expliquent par des tensions intérieures et des influences étrangères à la véritable structure les anomalies optiques de substances réellement et essentiellement cubiques. De notre côté, nous avons pu faire cristalliser de l'alun dans de l'eau de seltz, sous la pression de dix atmosphères, et le cristal offre quatre secteurs triangulaires alternativement colorés de teintes complémentaires; il renferme de l'acide carbonique qui a dérangé son réseau, et celui-ci s'infléchit de deux manières différentes sous l'influence de la tension perturbatrice suivant deux directions rectangulaires, parce que, d'après nos anciennes expériences, il offre la structure qui caractérise l'hémiédrie à faces parallèles, en vertu de laquelle deux arêtes adjacentes du cube, rectangulaires entre elles, ne sont pas semblables (1).

Des Groupements complexes. — On voit dans quelques espèces minérales des groupes de cristaux accolés suivant une de leurs faces, avec renversement d'un des individus par rapport à l'autre, se grouper de nouveau suivant une autre direction. Plusieurs feldspaths, le Labrador par exemple, forment de ces groupements complexes. On peut classer parmi ces groupements

(1) Jannettaz, *Bull. Soc. Min. de Fr.*, t. II, p. 191; t. III, p. 25.

celui d'espèces minérales différentes. Certains cristaux qu'on reconnaît comme feldspathiques dans les roches paraissent optiquement composés de feldspaths d'espèces différentes. Ce n'est pas douteux pour les granites de Finlande appelés *Rappakivi*, où l'orthose et l'oligoclase s'enveloppent mutuellement.

Des espèces bien plus différentes de forme géométrique et de composition chimique forment ensemble des groupes réguliers. C'est ainsi qu'on observe des cristaux de disthène continuant des cristaux de staurotide ou les enveloppant; des cristaux de rutile (acide titanique) incrustés dans les tables hexagonales de fer oligiste, dont ils suivent les diagonales.

Tschermak a fondé sur ces observations précises toute une théorie de la constitution des feldspaths qui n'est pas aussi visible. Les feldspaths résulteraient du groupement d'un petit nombre d'espèces simples Nous croyons en effet que beaucoup des cristaux à composition chimique très variable, tels qu'un certain nombre de ceux qu'on appelle *oligoclases*, ne représentent pas une espèce minérale homogène; mais ceux dont la composition est bien définie ne peuvent être considérés comme des associations d'espèces différentes; car on ne comprendrait pas, dans l'état actuel de la science, des combinaisons en proportions définies de ces espèces de composition différente, quoique voisine, et généralement les résultats des analyses les plus exactes ne se prêtent pas à cette interprétation théorique de leur composition.

Structures accidentelles des Cristaux. — Quelquefois les cristaux montrent une *structure zonaire*, qui se relie à leur accroissement. On voit par exemple des ai-

guilles de tourmaline vertes, roses, noires, blanches à un bout, d'une couleur différente à l'autre extrémité ou dans leur partie médiane. Ou bien un cristal présentera des plans de séparation qui n'ont rien de commun avec ses vrais clivages, et qui tiennent à son accroissement sans doute intermittent. Nous avons démontré *Bull. Soc. géol. de Fr.*, III[e] série, t. 3, p. 499, que les grands axes des courbes de conductibilité calorifique sont parallèles aux vrais divages, mais qu'ils ne sont aucunement influencés par ces plans de séparation accidentels.

CHAPITRE XI

STRUCTURE CRISTALLINE AVEC ARRÊTS DE DÉVELOPPEMENT

Nous croyons pouvoir définir par l'expression *arrêts de développement* les différents états où se trouvent, d'après les observations de Vogelsang, un certain nombre de matières minérales qui semblent n'être pas parvenues aux formes cristallines parfaites. Ce sont d'abord les *Microlithes*, individus microscopiques, appartenant à différentes espèces minérales très répandues dans les roches, feldspaths, hornblende, augite, apatite, et cristallisées en prismes très petits, dont les sections vues au microscope ont la forme de rectangles longs, étroits, à extrémités tantôt arrondies, tantôt aiguës ou dentées, etc. Les microlithes sont translucides. Vogelsang regarde comme étant aussi des cristaux imparfaits des corps qui laissent passer la lumière entre deux nicols

en croix et qui se groupent en étoiles à rayons rectilignes ou courbes, en cercles, en S, ou bien comme des nervures de feuilles pennées, et dont les formes capricieuses ne sont pas sans analogie avec les contours des êtres organisés. Il en a distingué des matières opaques, noires, qu'il a nommées *trichites*, à cause de leur ressemblance avec des touffes de cheveux.

Ces formes capillaires ne sont pas particulières aux minéraux considérés sous des dimensions microscopiques. L'argent, l'or natifs, la variété de cuivre oxydulé appelée *chalcotrichite*, certains silicates (la mésotype), en montrent d'assez analogues.

On observe dans certaines espèces minérales, dans le cuivre oxydulé, des cristaux à faces creuses que rappellent certaines formes des minéraux microscopiques, de la magnétite, par exemple, où l'on ne trouve plus qu'une sorte de squelette du cristal, composé de ses arêtes entre lesquelles il ne s'est rien déposé au moment de leur formation; on connait également des dendrites, des groupements de très petits cristaux en feuilles de fougères, en arborisations présentées sur une grande échelle par un certain nombre de matières dans quelques roches examinées au microscope.

Le microscope seul pouvait faire comprendre ces formes en globules simples ou composés que Vogelsang a nommées *crystallites*. Ici, les corps n'ont plus rien dans leur contour qui rappelle la cristallisation. Des globules arrondis, *globulites*, isotropes, sans action sur la lumière polarisée, représentent la première forme des éléments d'un corps au moment où il commence à se consolider. C'est pour Vogelsang le premier stade de la consolidation; c'est sans doute l'état

permanent des corps qu'on appelle *colloïdes*. Les globulites se juxtaposent en vertu de leur attraction mutuelle, comme les anneaux d'une chaîne droite ou curviligne, et constituent les *Margarites*. Dans le soufre, les chaînons s'entre-croisent dans plusieurs directions, et leur ensemble devient actif sur la lumière polarisée. Lorsque les globulites se disposent en files suivant l'axe d'un cylindre, souvent sans articulations visibles, Vogelsang nomme cet ensemble une *Longulite*. On observe ces différents passages de l'état amorphe à l'état cristallin dans les scories et les verres artificiels, comme dans le soufre. Enfin, il y a des corps qui agissent sur la lumière polarisée, tout en étant simples et non pas composés, comme les précédents, de globulites : ce sont les *cristalloïdes* de Vogelsang; ils représentent un stade plus avancé de la cristallisation; ils passent peu à peu à des formes cristallines. Toutes ces variétés se groupent sous des formes dendritiques, semblables à des feuilles de fougère.

Des Sphérolithes. — Ce sont des masses minérales, quelquefois volumineuses, ordinairement microscopiques, à surface courbe, formées de fibres irradiées autour d'un centre ou d'espèces de membranes qui s'enveloppent comme les tuniques d'un oignon. Certains d'entre eux, les *globosphérites*, sont composés de groupes élémentaires de globulites peu actifs sur la lumière polarisée (*Cumulites* de Vogelsang). L'opale forme de ces globules dans les roches volcaniques (Voy. *Opale*, aux espèces minérales). On observe des sphéroïdes cristallisés (*Bélonosphérites*) dans le Diorite orbiculaire.

On a reconnu au microscope tous les passages entre

ceux qui sont composés de matières entièrement amorphes et ceux qui ne renferment que des éléments cristallisés. Quelquefois les petits cristaux sont disposés parallèlement au milieu d'une masse amorphe. Dans les variolites de la Durance, ils rayonnent autour d'un ou de plusieurs centres communs.

CHAPITRE XII

INCLUSIONS DES CRISTAUX

Souvent on aperçoit à l'œil nu, dans les cristaux de Quartz, de nombreuses inclusions de Chlorite, de Rutile, de Tourmaline, d'Amphibole, tantôt disposées sur des plans parallèles aux faces de la pyramide, ou même de prisme, et tantôt traversant les cristaux de part en part. Le Feldspath est souvent, de son côté, criblé de cristaux de Quartz, et même de Mica. Des grenats, et ce sont ordinairement les mieux conformés, renferment, dans leur intérieur, des cristaux de calcaire à faces nettes.

Le Quartz ne borne pas aux solides ses inclusions. Quelques variétés calcédonieuses sont quelquefois remplies d'eau. Certains cristaux, particulièrement du Saint-Gothard, laissent voir, sans loupe, dans leur intérieur, des cavités tantôt vides, au moins en apparence, et tantôt contenant une gouttelette liquide qu'on peut promener d'un bout à l'autre de la cavité, en les retournant convenablement. Au microscope, tout cela

se répète en petit, mais dans un grand nombre d'espèces et dans des proportions considérables. Des cristaux d'une espèce minérale, le Feldspath, le Quartz, etc., renferment des individus beaucoup plus petits d'espèces qui n'ont rien de commun avec eux, par exemple des microlithes d'Amphibole, de Pyroxène, etc., ou des grains, des très petits cristaux de matières qui proviennent de leur décomposition, ou des matières vitreuses, tantôt restées amorphes, tantôt devenues cristallines par dévitrification.

Nous mentionnerons tous ces faits à chaque espèce de roche. Nous dirons ici quelques mots des inclusions liquides ou gazeuses. Elles ont été signalées, d'abord, par Brewster, et elles ont été, plus tard, pour M. Sorby, l'occasion d'un grand nombre d'observations et d'expériences importantes. M. Sorby a observé que les cavités fourmillent dans certaines topazes, surtout dans les variétés jaunes du Brésil, ainsi que dans l'Émeraude; il a prouvé expérimentalement qu'une dissolution sursaturée ne dépose que peu ou point de matière solide dans des espaces capillaires.

Les cavités des cristaux ont quelquefois une forme géométrique ; c'est alors une de celles qui conviennent à la symétrie du cristal qui les présente; d'autres fois, elles sont rondes, ovales, irrégulières. Elles renferment ordinairement des gaz, de l'air, de l'azote, de l'acide carbonique, peut-être même de l'acide chlorhydrique. En lumière transmise, elles paraissent d'un noir foncé. Dans certaines on remarque un noyau ordinairement liquide qui brille sur le fond noir ambiant et qu'on peut déplacer. Quelquefois on remarque dans ces cavités des mouvements spontanés, tumultueux de leurs inclu-

sions, qui rappellent le mouvement brownien des végétaux.

Les liquides sont ordinairement de l'eau chargée de chlorure de sodium ou de potassium, des sulfates de potasse, de soude, de chaux, des acides libres, de l'acide carbonique liquide (dans le Saphir).

TROISIÈME PARTIE

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES MINÉRAUX

CHAPITRE PREMIER

CLIVAGES

Quelques espèces minérales, comme le Jade, présentent une grande résistance à la rupture, et se cassent difficilement, même sous le choc violent d'un marteau ; on appelle cette résistance de la *ténacité*. Un grand nombre de pierres s'émiettent d'elles-mêmes ; on les dit *friables*.

Beaucoup de matières cristallisées ont une cassure très régulière. Que l'on frappe avec un marteau sur un cristal de calcaire, quelle qu'en soit la forme extérieure, on le voit se casser en prismes dont les faces sont inclinées l'une sur l'autre d'un angle constamment égal à 105°5' ou à son supplément.

Toutes les faces de ces fragments sont planes, lisses, brillantes. C'est à cette opération qu'on donne le nom de *clivage*.

Souvent, pour produire des clivages, on pose dans certaines directions indiquées à l'avance par des fissures accidentelles le tranchant d'une lame, dont on frappe le dos à l'aide d'un marteau. C'est ainsi qu'on

obtient des octaèdres réguliers dans les cristaux de Diamant, de Fluorine. Quelquefois on détermine des fentes qui révèlent des clivages, en appliquant la pointe d'une aiguille sur la face d'un cristal, et en frappant sur la tête de l'aiguille. M. Reusch a observé de cette façon plusieurs directions de cassure régulière sur des cristaux de gypse.

Les clivages sont toujours en harmonie avec la symétrie cristalline. Des formes simples, telles qu'un cube (Galène), un octaèdre régulier (Fluorine), un dodécaèdre rhomboïdal (Blende), un rhomboèdre (Calcaire), un octaèdre quadratique (Anatase), se clivent suivant toutes leurs faces à la fois, et ces clivages ont la même netteté, si les cristaux sont régulièrement développés.

Un prisme clinorhombique se clivera suivant ses pans (Amphibole, Pyroxène), sans se cliver suivant sa base.

Les clivages proviennent des différences de cohésion des éléments du cristal dans les différentes directions.

Un cristal est comme un réseau dont la maille, plus serrée dans une direction que dans une autre, s'y déchire aussi plus facilement.

On a pu démontrer cette variation de la cohésion par une expérience bien simple. Les clivages des cristaux du gypse permettent d'en faire des prismes obliques à base rectangle ; le clivage le plus facile est parallèle au plan de symétrie; perpendiculairement à ce plan, il y a deux autres cassures faciles, quoique moins nettes, dont l'une à l'aspect vitreux, l'autre l'aspect fibreux ou soyeux. En enfonçant une aiguille fixée au bout d'un manche, et maintenue bien perpendicu-

laire à la lame de gypse, de manière à percer un trou dans une partie de son épaisseur, en tournant bien légèrement, pour éviter les fentes, on parvient à écarter l'un de l'autre deux feuillets situés à une plus ou moins grande profondeur dans la masse. Il se développe entre ces deux feuillets des courbes colorées analogues à celles qu'on nomme *anneaux colorés de Newton;* ces courbes ont la forme d'ellipses, dont le grand axe est situé à 17° du clivage vitreux, à 49° du clivage fibreux ; le rapport des deux axes de l'ellipse est de 1,247. Ce décollement inégal des lames autour du point où s'exerce l'action mécanique démontre bien la variation de la cohésion suivant les différentes directions (1).

Les chapitres suivants vont prouver l'influence que ces variations exercent sur toutes les propriétés physiques des cristaux.

CHAPITRE II

PROPRIÉTÉS OPTIQUES

DES COULEURS EN LUMIÈRE NATURELLE

Les propriétés les plus faciles à constater, celles qui fournissent le plus vite des renseignements sur la nature des corps, ce sont les colorations qu'ils présentent, soit lors qu'ils réfléchissent, soit lorsqu'ils transmettent la lumière qu'ils reçoivent.

(1) JANNETTAZ, *Bulletin de la Société minéralogique de France,* t. II, n° 1. — *Annales de physique et de chimie,* 4e série, t. XXIX, p. 69.

Lorsqu'un corps absorbe ou éteint toute la lumière qui le traverse, il est appelé *opaque*. On le dit *transparent*, s'il permet de voir distinctement au travers de sa masse les contours des objets ; *translucide*, s'il ne les laisse apercevoir que vaguement, si, par exemple, tout en laissant tamiser la lumière, il ne permet pas de lire les caractères d'un livre placé par derrière.

L'opacité absolue est rare ; la plupart des corps opaques deviennent transparents, ou au moins translucides, lorsqu'ils sont vus en lames très minces.

La couleur réfléchie par un corps peut s'observer sur sa masse ou sur sa poussière qu'on obtient en le broyant dans un mortier. On se contente ordinairement de le frotter sur un corps blanc plus dur, en général sur du biscuit de porcelaine où il laisse une tache ou une raie.

Les couleurs examinées dans ces conditions caractérisent un certain nombre d'espèces minérales. Nous citerons, parmi les matières dont la poussière possède une couleur essentielle, les Arséniates de Cobalt (poussière violette ou rose), les sels de Cuivre (poussière bleue ou verte), l'Orpiment (poussière jaune-serin), la Limonite (poussière jaune), le Chromate de plomb, le Réalgar (poussière orangée), les Argents rouges, l'Oligiste, le Cinabre (poussière rouge), la Manganite (poussière brune), la Magnétite, le sulfure d'argent (poussière noire).

Couleurs observées par Transparence. — Elles tiennent souvent à des teintures de la substance qui en est douée accidentellement. Un grand nombre de silicates, par exemple, dénués de bases colorantes, présentent les plus vives couleurs, lorsqu'on les regarde par transpa-

rence, bien qu'ils aient par eux-mêmes des poussières incolores. C'est que leur coloration provient du mélange de quantités, souvent assez petites pour échapper à l'analyse, d'oxydes à pouvoir colorant très intense qui les teignent en quelque sorte. Aussi la même espèce minérale peut-elle, en général, offrir une grande variété de teintes. C'est ce qu'on voit en particulier dans l'alumine cristallisée ou Corindon. Le Corindon des minéralogistes, par exemple, porte dans le commerce des noms bien variés:

Améthyste orientale (Corindon violet),
Rubis oriental (Corindon rouge),
Émeraude orientale (Corindon vert),
Saphir oriental (Corindon bleu),
Topaze orientale (Corindon jaune).

Le mot d'*oriental* a précisément pour but de distinguer les pierres colorées appartenant au Corindon de celles qui appartiennent à d'autres espèces. Le Quartz hyalin ou cristal de roche est par lui-même incolore; mais il prend le nom d'*Améthyste* lorsqu'il est coloré en violet; de *fausse Topaze*, lorsqu'il l'est en jaune; de *Rubis de Bohême*, lorsqu'il devient rose.

Cependant un certain nombre des silicates qui entrent dans la composition des roches contiennent des proportions assez constantes d'oxydes métalliques colorants pour offrir assez constamment aussi la même couleur. Tels sont l'Épidote et l'Idocrase, d'un vert-bouteille; l'Augite et la Hornblande, qui, vues en lames minces, sont généralement vertes et quelquefois brunes; les Tourmalines noires et opaques, qui deviennent aussi brunes lorsqu'on les regarde au travers de lames très mince. L'Axinite renferme toujours de l'oxyde de

manganèse qui en colore la masse en violet. L'Almandin, rouge en masse, tourne à l'orangé quand il est suffisamment aminci.

Irisations. Chatoiement. — Parmi les couleurs accidentelles on range encore celles qui sont dues à des accidents de texture. Les belles irisations de l'opale proviennent de jeux de lumière déterminés par des vides capillaires alternes avec des parties pleines très fines ; ce sont des phénomènes du genre de ceux que les physiciens appellent des réseaux. Dans certaines variétés de cristal de roche, on observe des fissures qui donnent lieu à des irisations analogues à celles que les physiciens appellent *anneaux colorés de Newton.* On explique de même les couleurs changeantes du feldspath Labrador. Le chatoiement de la variété de quartz appelée *œil-de-chat* tient à ce que la matière siliceuse est comme imprégnée de fibres parallèles d'asbeste. Le feldspath oligoclase doit les reflets qui l'ont fait nommer *pierre du soleil* à des paillettes de fer oligiste intimement mêlées à sa masse.

DE L'ÉCLAT.

Les expressions éclat soyeux, nacré, se définissent d'elles-mêmes. L'éclat adamantin caractérise le diamant, et se retrouve au plus haut degré dans le zircon, à un degré moindre dans le corindon, etc. Il provient du grand pouvoir réflecteur de ces corps, qui donne à leur éclat quelque chose de métallique sous certaines incidences. On appelle éclat vitreux celui du verre, qui ne parvient pas à celui du diamant. Les différents genres d'éclats des pierres peuvent être vifs ou ternes.

OPTIQUE DES CRISTAUX.

Tous les caractères précédents sont *extérieurs ;* aussi les observe-t-on sans appareils spéciaux et sans étude préalable. Mais l'action des corps sur la lumière, et en particulier sur celle qui les traverse, est devenue un si puissant moyen d'investigation, non seulement pour découvrir la vraie constitution de ce que nous appelons un rayon lumineux, mais encore pour comprendre la structure des corps transparents, que nous sommes obligés d'en faire connaitre au moins les lois les plus importantes.

Nous rappellerons d'abord que la lumière est considérée maintenant comme produite par les mouvements d'un fluide matériel qu'on nomme l'*éther*, qui est tellement ténu qu'on ne peut en prendre la densité, qui ne tombe sous aucun de nos sens, mais qui n'en existe pas moins dans tous les espaces interplanétaires aussi bien que dans tous les interstices qui séparent les atomes ou éléments primitifs des corps.

Un rayon de lumière n'est autre chose que la direction suivant laquelle se propagent les mouvements de ce fluide. Une observation facile à répéter permet de se rendre bien compte de la manière d'agir de ce mouvement. Qu'on regarde le long sillage que traîne derrière lui un bateau à vapeur ; aussitôt qu'un bateau plus petit s'y trouve enfermé, il s'élève, puis s'abaisse à plusieurs reprises sur lui-même, et si la nappe d'eau est assez large, un bateau voisin ne tarde pas à offrir le même spectacle. La droite horizontale qui joint les deux bateaux est la ligne de propagation

du mouvement, et celui-ci consiste en oscillations verticales, perpendiculaires par conséquent à la ligne de propagation. L'éther que renferme un corps éclairant vibre, et ce mouvement vibratoire se transmet de proche en proche dans l'éther de l'espace, suivant toutes les directions possibles autour de son point de départ. Pendant le temps que la vibration emploie pour accomplir son mouvement de va-et-vient, l'ébranlement parvient sur chaque direction en un point situé à une certaine distance. Tous ces points atteints par le mouvement à la fin de l'oscillation forment ensemble une surface appelée *surface d'onde*, et la droite qui joint chacun d'eux au centre d'ébranlement primitif a reçu le nom de *longueur d'onde*.

La lumière se propage avec une vitesse extrêmement considérable ; elle parcourt dans l'espace environ 75,000 lieues par seconde (300.330 kilom. d'après les dernières mesures de M. Cornu).

Lois de la Réflexion. — Si un rayon lumineux tombe sur un miroir, et en général sur une surface polie, il fait avec la perpendiculaire à cette surface un certain angle qui peut avoir toutes les valeurs comprises entre 0° et 90°, et qu'on appelle angle d'*incidence;* une quantité plus ou moins grande de la lumière se trouve renvoyée par le corps et forme un nouveau rayon, appelé *rayon réfléchi*, qui fait avec la perpendiculaire à la surface du miroir un angle appelé de *réflexion*. Les lois sont les plus simples possibles : 1° *les deux angles d'incidence et de réflexion sont dans le même plan ;* 2° *ils sont égaux*.

La lumière reçue par un corps à surface rugueuse

ou terne est aussi réfléchie, mais dans toutes les directions ; elle est ce qu'on appelle diffusée.

Réfraction. — La lumière qui n'est pas réfléchie ou diffusée par un corps y pénètre ; et elle le traverse en plus ou moins grande quantité, s'il est transparent, mais elle y change de direction. Soit une plaque de diamant à faces parallèles (fig. 64). Un rayon de lumière RI tombe sur une des faces, sur AB. Menons PI perpendiculaire à AB (fig. 64). RIP est l'angle d'incidence. Le rayon entre par AB dans le cristal ; il s'y rapproche de la perpendiculaire PI (c'est une loi constante dans tous les cristaux) ; il prend à la sortie la direction IR', et fait avec la perpendiculaire IP' un angle P'I'R', appelé *angle de réfraction.*



Fig. 64.

Lois de la Réfraction. — 1° L'angle d'incidence et l'angle de réfraction sont dans un même plan.

2° Le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction sont dans un rapport constant. Le sinus de l'angle RIP, c'est RS, perpendiculaire abaissée de l'extrémité R de l'arc RP, qui mesure l'angle PIR, sur le diamètre P'IP qui passe par l'autre extrémité du même arc. Le sinus de l'angle de réfraction P'IR' est de même R'S'. Dans le diamant, le rapport de RS à R'S' est de 2,419 pour les rayons jaunes ; si le rayon, au lieu d'avoir la direction RI, se dirigeait suivant *r*I, il se réfracterait en *Ir'*, et l'on aurait *rs* environ deux fois et demie plus grand que *r's'*.

Ce rapport constant des lignes $\frac{\text{R S}}{\text{R' S'}} = \frac{r\,s}{r'\,s'} = 2{,}42$ est ce qu'on nomme l'*indice de réfraction* du diamant. Il varie d'une couleur à l'autre. M. Descloizeaux a trouvé $n = 2{,}4135$ pour les rayons rouges; 2,4278 pour les rayons verts dans cette matière (on représente l'indice par la lettre n).

Il est encore certaines notions que nous devons rappeler, au moins en passant.

Des Couleurs simples. — La lumière du jour, appelée blanche, est composée de lumières de différentes couleurs, dont l'ensemble produit du blanc. Si on lui fait traverser un prisme de verre, elle s'étale au sortir de ce prisme, et se divise en lumières différemment colorées.

ab (fig. 65), faisceau de lumière qui tombe sur un prisme ABC. Le faisceau est décomposé au sortir du prisme et donne le spectre *wibvjovr*.

La lumière la plus éloignée de la direction primitive du faisceau *aba'* est violette ; la moins déviée est rouge. Entre ces deux couleurs extrêmes, il y en a une infinité d'autres. Toutes ont été ramenées à sept types principaux, qu'on appelle :

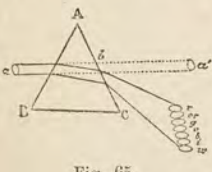


Fig. 65.

Violet, indigo, bleu, vert, jaune orangé, rouge.

Le violet est plus dévié que le rouge; on le dit plus *réfrangible*.

La théorie de l'optique supérieure démontre que le rapport $n = \frac{\sin i}{\sin r}$, égal à celui des sinus des angles

que fait le rayon lumineux avec la normale à la surface de séparation de deux milieux, est égal au rapport de ses vitesses de propagation dans les deux milieux. La dispersion d'un rayon de lumière dans les matières transparentes nous apprend que les différentes couleurs n'ont pas la même vitesse de propagation dans le même milieu matériel.

Coefficient de dispersion. — C'est la différence des indices extrêmes de réfraction correspondant au violet et au rouge; plus cette différence est grande, plus les couleurs sont étalées. Le diamant est une des substances qui possèdent le plus fort coefficient de dispersion.

DOUBLE RÉFRACTION ET LUMIÈRE POLARISÉE.

Double réfraction. — Lorsqu'un rayon d'une couleur quelconque passe au travers d'un prisme de verre, il sort dévié, comme nous l'avons dit précédemment; mais il reste simple. Il en est de même lorsqu'il traverse un cristal du système cubique, un octaèdre de spinelle, par exemple, où les particules constituantes sont disposées symétriquement autour d'un point, où les axes géométriques sont tous entourés de facettes ou d'arêtes de même longueur, de même inclinaison, et de position semblable. Dans l'éther des cristaux cubiques, aucune direction ne se distingue des autres. On les appelle *isotropes*.

Mais lorsqu'un rayon de lumière pénètre dans les substances où les distances des particules élémentaires changent d'une direction à l'autre, au moment où il entre dans le cristal, il se décompose suivant ces deux directions, et donne lieu à deux rayons réfractés.

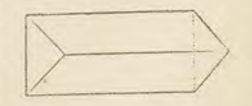
En regardant par exemple un objet au travers d'un rhomboèdre de spath (variété pure de calcaire) obtenu par clivage, on voit cet objet double (fig. 66).

On appelle ce phénomène la double *réfraction*, et *biréfringentes* les substances qui peuvent y donner lieu.



Fig. 66.

Il est souvent utile de savoir si une substance est biréfringente ou non; cela peut servir en particulier à distinguer un grand nombre de pierres précieuses naturelles d'avec leurs imitations; celles-ci sont des verres plus ou moins durs, et ne possèdent que la réfraction simple. Voici un des moyens les plus commodes et les plus pratiques de faire cette observation. Il suffit de prendre un prisme formé de la matière soumise à l'examen (fig. 67). Les cristaux naturels, les pierres taillées, offrent des faces qui se rencontrent de manière que leur arête d'intersection peut fonctionner comme une arête de prisme. On regarde un objet au travers d'une des faces; on le voit double derrière l'autre face, lorsque le cristal est doué de la double réfraction. Il faut choisir un objet éclairé, fin, éloigné. On peut viser pour cela l'extrémité de la flamme d'une bougie placée à une assez grande distance, à quatre ou cinq mètres. Cette flamme, en général, est rejetée un peu loin sur le côté; mais elle se termine par deux pointes, si le prisme est biréfrin-


Fig. 67.

gent. Lorsque la matière présente un grand nombre de faces, on voit un grand nombre d'images, mais les plus vives sont dédoublées vers la pointe; les autres, plus pâles, proviennent de réflexions intérieures. On peut couvrir de cire toutes les facettes, à l'exception de deux formant prisme. Quelquefois, outre une image transmise à travers deux faces obliques entre elles, dans une substance uniréfringente, on en aperçoit une seconde réfléchie intérieurement par la seconde face, et l'on peut croire que la substance est douée de la double réfraction; mais, en regardant ces deux images à travers une tourmaline parallèle à l'axe, ou à travers un nicol, on voit que les deux images conservent la même intensité, lorsqu'on tourne la tourmaline sur elle-même, tandis qu'en opérant de la même façon sur une substance biréfringente, on voit les deux images provenant de la double réfraction s'éteindre ou du moins diminuer d'intensité tour à tour, et au contraire briller l'une après l'autre d'un éclat maximum, et cela quatre fois pour une rotation de la tourmaline égale à un tour entier.

Théorie de la double Réfraction. — Nous avons dit plus haut que la lumière consiste en vibrations, c'est-à-dire en mouvements de va-et-vient de l'éther perpendiculairement au rayon lumineux. Lorsqu'il s'agit de la lumière naturelle, de celle qui nous arrive de l'atmosphère, ou de celle qui a traversé un milieu isotrope avant de nous parvenir, les mouvements de l'éther s'effectuent suivant toutes les directions du plan perpendiculaire au

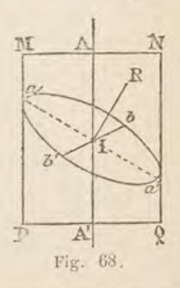


Fig. 68.

rayon (fig. 68). Mais si le rayon RI passe dans une substance du système quadratique ou hexagonal, ces mouvements sont singulièrement modifiés. Soit AA' l'axe de principale symétrie d'un cristal quadratique, dont MNPQ représente l'intersection par le plan du papier. Un rayon lumineux parcourt le cristal suivant la direction RI dans le plan MNPQ.

Les vibrations de ce rayon, s'il se trouvait dans un milieu isotrope, s'effectueraient indistinctement suivant toutes les directions du plan aba'b' qui lui est perpendiculaire. Le cristal a pour effet de ramener toutes ces vibrations à deux directions déterminées, toutes deux perpendiculaires à RI, mais dont l'une, *aa'*, est dans le plan MNPQ, et l'autre, *bb'*, perpendiculaire à ce plan.

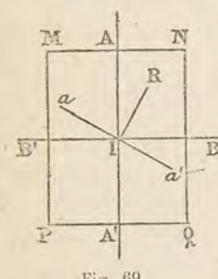


Fig. 69.

Nous appellerons *section principale* le plan RIA déterminé par l'axe AA' et par le rayon IR.

Faisons tourner la section principale autour de l'axe AA', elle emporte avec elle le rayon RI et les deux vibrations *aa'*, *bb'*; comme tout est symétrique optiquement autour de l'axe AA' de principale symétrie du cristal, les vibrations *bb'* tournent, mais elles ne cessent pas d'être perpendiculaires à l'axe AA'; les vibrations *aa'* tournent aussi, en faisant un angle constant avec AI et avec RI auquel elles restent perpendiculaires. Remettons maintenant RIA dans sa position, celle du plan du papier. Faisons tourner RI dans ce

plan autour de I, et par conséquent de la direction *bb'* qui sert d'axe de rotation; la vibration *bb'* ne change pas, quelle que soit la direction de RI dans le plan; seule, la vibration *aa'* change de direction avec celle du rayon RI; elle tourne avec le rayon en lui restant perpendiculaire; si le rayon a la direction de l'axe AA', elle suit celle de BB', à 90°; elle est au contraire parallèle à l'axe, lorsque le rayon a la direction perpendiculaire BB'. Elle a donc pendant chaque quart de rotation toutes les directions comprises entre AI et BI (fig. 69). (Les quatre quadrants AIB, AIB', B'IA', A'IB sont identiques.) Mais d'une direction à une autre dans ce quadrant tout change dans le cristal; aussi la vitesse de propagation y varie-t-elle constamment, atteignant ses limites extrêmes en AI et en BI.

$$v = \sqrt{\frac{e}{d}},$$

en appelant v cette vitesse, e l'élasticité, d la densité de l'éther).

Dans tout ce qui précède, nous avons supposé le rayon déjà parvenu dans l'intérieur du cristal; mais observons-le dès la première partie de son parcours.

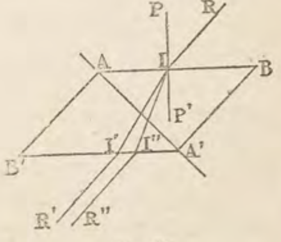


Fig. 70

Soit AA' l'axe du cristal, ABA'B' la section principale.

Lorsqu'on envisage non plus la masse intérieure d'un cristal, mais un cristal de forme déter

minée, on ne donne plus le nom de section principale à une section quelconque menée par l'axe, mais seulement à celles qui sont menées par l'axe perpendiculairement aux faces planes sur lesquelles tombent les rayons lumineux (fig. 70). Soit ABA'B', dans le plan du papier une section principale, coupant une face du cristal suivant AB; RI est un rayon incident mené dans le plan du papier; il fait avec la perpendiculaire au point I un angle d'incidence RIP = i. A son entrée dans le cristal, ses vibrations se trouvent ramenées à deux directions; l'une est perpendiculaire à l'axe AA', et au plan du papier; l'autre est dans ce plan. On sait, d'ailleurs, que les sinus des angles formés par un rayon de lumière dans deux milieux différents avec la perpendiculaire à la face qui les sépare, sont proportionnels à ses vitesses de propagation dans les deux milieux. Or la vibration perpendiculaire à l'axe, celle que nous avons appelée *bb'* (fig. 69), reste toujours perpendiculaire à l'axe; comme elle ne change pas de direction, elle se propage avec une vitesse constante et engendre un rayon qui se comporte dans le cristal comme s'il traversait du verre ou un milieu isotrope; il prendra la direction II' telle que $\frac{\sin PIR}{\sin I'IP'}$ soit un nombre constant, *n* par exemple.

A cause de la régularité de sa marche, nous appellerons *rayon ordinaire* ce rayon qui doit émerger en IR', et nous écrirons n_o son indice de réfraction. Mais la vibration qui se trouve dans le plan du papier, représentée par *aa'* (fig. 69), en changeant de direction, se propage plus ou moins vite; la direction de sa propagation qui lui est perpendiculaire change en même

temps que sa vitesse; donc, cette direction de propagation engendre un second rayon de lumière qui se sépare du premier et qui fait avec la perpendiculaire PP' un angle variable de réfraction dans le cristal. Comme le rapport n des deux sinus dans l'air et dans le cristal varie, on appelle ce rayon *extraordinaire*. On écrira n_e ce rapport variable.

En résumé, le rayon RI donne dans le cristal deux rayons réfractés, vibrant l'un perpendiculairement à la section principale (rayon ordinaire), l'autre dans le plan de cette section (rayon extraordinaire). Chacun de ces rayons effectuant ses vibrations dans une direction unique est dit *polarisé ;* et, comme leurs vibrations sont rectangulaires entre elles, on les dit *polarisés à angle droit.*

DES AXES D'ÉLASTICITÉ OPTIQUE.

Supposons que le rayon RI de lumière naturelle tourne autour de l'axe AA', à l'intérieur du cristal, mais en lui restant perpendiculaire (fig. 71), la symétrie étant parfaite au point de vue optique autour de l'axe, le rayon ne peut pas changer de vitesse. Ses vibrations fournissent une composante perpendiculaire et une parallèle à l'axe; celle qui est parallèle garde une direction constante, quelle que soit la position de RI dans le plan perpendiculaire à l'axe AA', pourvu qu'il reste dans ce plan. Mais cette vibration parallèle fournit le rayon extraordinaire. Celui-ci a donc, dans ces conditions, comme l'ordinaire, une vitesse constante, et il suit les deux lois de la réfraction; sa vitesse n'en diffère pas moins pourtant de celle du rayon ordinaire, car ce dernier résulte de vibrations perpendi-

culaires, et lui de vibrations parallèles à l'axe. Puisque les deux rayons suivent les lois ordinaires de la réfraction, il en résulte que, si un rayon RI tombe perpendiculairement sur une face NQ parallèle à l'axe AA' dans un cristal, l'angle d'incidence=0°, les deux angles de réfraction pour les deux rayons sont nuls aussi (fig. 71). Donc, suivant RI, cheminent côte à côte les deux rayons réfractés. Une direction qui a cette propriété d'être parcourue par deux rayons de vitesses différentes, bien qu'ils soient issus du même incident, est un axe d'*élasticité optique*.

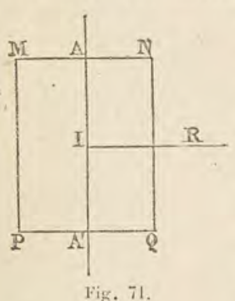


Fig. 71.

Or, on peut prendre une face NQ quelconque ou, si on veut, faire tourner RI autour de l'axe et tailler sur le cristal une face perpendiculaire à une quelconque de ces directions ; comme tout est symétrique autour de l'axe, la direction de RI sera toujours un axe d'élasticité optique.

Il y a donc une infinité de ces axes dans le plan perpendiculaire à celui de principale symétrie, à AA'.

De l'Axe optique. — Si un rayon de lumière tombe perpendiculairement sur la face MN ou base du cristal, il n'est plus modifié ; car, ses vibrations étant perpendiculaires à l'axe autour duquel tout est symétrique, il n'y a pas de raison pour qu'elles changent leurs directions. On peut dire encore que l'axe AA' est la seule ligne où les deux rayons (ordinaire et extraordinaire) acquièrent la même vitesse. On appelle *axe optique* une direction parcourue ainsi par des rayons

de même vitesse. Dans un cristal quadratique, l'axe optique est unique; c'est l'axe de principale symétrie.

Ce que nous venons de dire des cristaux du *système quadratique* s'applique aussi à ceux du *système rhomboédrique* ou *hexagonal*. Ces deux systèmes ont pour caractères, au point de vue qui nous occupe, *un axe optique* et *un seul*, qui est leur axe de principale symétrie, une infinité d'*axes d'élasticité optique*, parallèles aux différentes directions d'un plan quelconque assujetti lui-même, et cela seulement, à être perpendiculaire à l'axe de principale symétrie.

DES INSTRUMENTS DE POLARISATION.

Nous sommes en mesure maintenant de comprendre le rôle et l'usage des instruments de polarisation.

Tourmaline. — Cette matière cristallise dans le système rhomboédrique; elle divise chaque rayon de lumière qui la traverse en deux autres, qui vibrent dans des plans rectangulaires; elle exerce en même temps sur ses rayons des absorptions très inégales. Prenons, par exemple, une lame de tourmaline verte du Brésil, parallèle à l'axe de principale symétrie AA' (figure 72). Un rayon de lumière tombe sur cette lame perpendiculairement à sa face AA'BB', en un point quelconque. Tous les mouvements vibratoires de l'éther, qui ont lieu, comme nous l'avons dit, dans tous les sens autour de ce rayon,

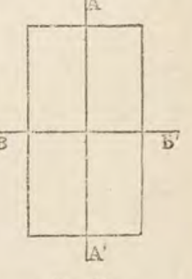


Fig. 72.

et dans le plan perpendiculaire à sa direction, par conséquent dans le plan AA'BB' lui-même, tous ces mouvements se rassemblent en deux groupes, les uns parallèles, et les autres perpendiculaires à l'axe AA'. Les mouvements AA', parallèles à l'axe, passent; ils donnent lieu au rayon $R_e R'$; les vibrations BB' perpendiculaires, qui produisent le rayon $R_\omega R''$, sont éteintes.

Pince à Tourmalines. — Il résulte de ce qui précède, que, si nous croisons deux tourmalines taillées parallèlement à leurs axes optiques, AA', BB', il y aura obscurité dans la région où elles se recouvrent (fig. 73); car les vibrations qui sortent de la première sont parallèles à son axe AA'; quand elles entrent dans la seconde, elles sont perpendiculaires à l'axe BB' de celle-ci; elles sont donc éteintes. Si on applique l'axe BB' sur l'axe AA', les vibrations sorties de la première étant parallèles à l'axe de la seconde, la traversent; l'obscurité est dissipée.

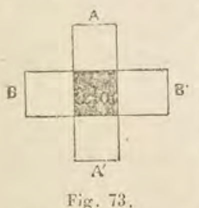


Fig. 73.

Ordinairement, les deux tourmalines sont enchâssées dans des disques de liège, et ceux-ci dans des anneaux de laiton. Ces derniers à leur tour sont entourés à frottement doux par les extrémités, façonnées convenablement, d'un fil de laiton un peu fort qui se contourne en 8 (fig. 74). La boucle inférieure, plus petite, se tient avec la main gauche; celle-ci, en pressant un peu sur les deux branches de la boule supérieure, en rapproche les extrémités, de manière à placer les deux tourmalines en regard l'une de l'au-

tre. Avec la main droite, on fait tourner l'une des tourmalines sur elle-même pour lui donner une position voulue par rapport à la seconde.

Si entre les deux tourmalines croisées, comme le montre la figure 110, on interpose une lame cristalline du système cubique, l'obscurité persiste; mais une lame d'un système cristallin différent, placée dans les mêmes conditions, dissipe en général l'obscurité. En effet, projetons le phénomène sur un écran de façon à nous maintenir en lumière parallèle, pour rendre l'explication plus simple. Soit (fig. 75) *aa'* l'axe de la première tourmaline, polariseur; *bb'* l'axe de la seconde ou analyseur; AA' axe optique du cristal; BB' une perpendiculaire à l'axe; AA'BB' plan de la lame, parallèle au plan de projection, que nous supposons celui du papier. Les vibrations sorties de la première tourmaline parallèlement à *aa'* se décomposent dans la lame et donnent des vibrations parallèles à son axe AA' et d'autres perpendiculaires à cet axe ou parallèles à BB'. Mais, en sortant de la lame, ils ne sont pas au même point de leur période; il y a entre eux une *différence de phase*. Nous croyons devoir expliquer ce qu'on



Fig. 74.

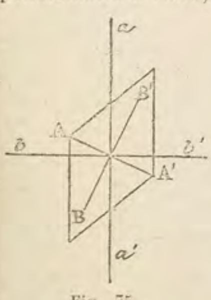


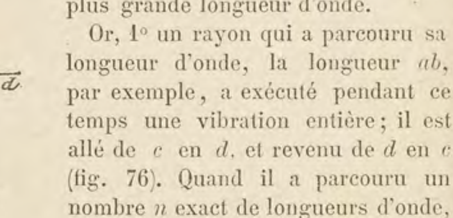
Fig. 75.

entend par différence de phase. Nous avons dit que pendant la durée d'une vibration le mouvement se propage jusqu'à une certaine distance du centre d'ébranlement primitif, et qu'on appelle cette distance la longueur d'onde.

Dire qu'un rayon a une plus grande vitesse de propagation, c'est dire aussi qu'il a une plus grande longueur d'onde.



Fig. 76.



Or, 1° un rayon qui a parcouru sa longueur d'onde, la longueur *ab*, par exemple, a exécuté pendant ce temps une vibration entière; il est allé de *c* en *d*, et revenu de *d* en *c* (fig. 76). Quand il a parcouru un nombre *n* exact de longueurs d'onde, ou $n\lambda$, en appelant λ la longueur d'onde, il a exécuté *n* vibrations entières, et il est revenu dans la même situation; au lieu d'écrire $n\lambda$, nous écrivons, $2n\frac{\lambda}{2}$, c'est-à-dire $2n$ fois une demi-longueur d'onde;

2° Un rayon qui a parcouru la moitié de sa longueur d'onde a terminé le mouvement de *c* en *d*, mais il est sur le point de commencer celui de *d* en *c*. Quand il a parcouru un nombre impair $2(n+1)$ exact de demi longueurs d'onde λ, il est revenu dans la même situation.

3° Un rayon qui a parcouru un nombre $2\,n\frac{\lambda}{2}$, et celui qui a parcouru $2\,(n+1)\frac{\lambda}{2}$ ont des mouvements contraires.

4° On sait que si en un point se manifestent deux

mouvements parallèles, de même intensité, mais de sens contraires, ils se détruisent ; que si les mouvements sont parallèles et de même sens, ils s'ajoutent.

Cela posé, soit :

$\lambda'\rho$ la longueur d'onde correspondant au rouge pour le rayon ordinaire,

$\lambda''\rho$ la longueur d'onde de la même couleur pour le rayon extraordinaire,

h l'épaisseur *ab* de la lame,

$\lambda'\rho > \lambda''\rho$ dans la substance soumise à l'observation et l'épaisseur *h* de la lame telle que :

$$\frac{h}{\lambda'\rho} = 2n\,\frac{1}{2} \qquad \frac{h}{\lambda''\rho} = 2\,(n+1)\,\frac{1}{2}$$

Dans ces circonstances, les deux rayons rouges (ordinaire et extraordinaire) se détruiraient, et par suite le rouge s'éteindrait au sortir de la lame, si leurs vibrations étaient parallèles. Il est vrai qu'elles sont perpendiculaires ; mais la tourmaline analyseur, nous l'avons vu plus haut, a justement pour effet de décomposer leurs vibrations chacune en deux, l'une qui est perpendiculaire à son axe BB' et qu'elle absorbe, l'autre qui est parallèle à cet axe et qu'elle laisse passer. Ce sont ces deux composantes parallèles à BB' et par conséquent entre elles qui se modifient mutuellement, qui se détruisent, s'il y a entre elles une différence de phase équivalente à un nombre impair de demi-longueurs d'onde, la tourmaline à axe BB', ou analyseur, ne changeant rien à cette différence.

Les quotients $\frac{h}{\lambda}$ obtenus en prenant pour λ la longueur d'onde du rouge ne conviendront plus aux autres couleurs qui, les unes, s'éteindront partiellement, et les

autres s'ajouteront en plus ou moins grande proportion.

Les colorations des lames minces rendent les services les plus signalés à la détermination des éléments des roches. Supposons une section mince dans une roche ; on y verra en général les éléments très différemment colorés ; ces différentes couleurs permettent souvent de distinguer l'un de l'autre les contours des cristaux entremêlés les uns dans les autres. Ces colorations varient avec l'épaisseur dans la même substance ; elles varient aussi pour la même épaisseur avec la substance, puisque les longueurs d'onde n'y sont pas les mêmes pour les couleurs différentes. Elles varient enfin dans la même substance avec la direction, puisque l'indice de réfraction d'une couleur déterminée y change d'une direction à l'autre, et en même temps que la vitesse et la longueur d'onde. Souvent les cristaux d'une matière forment des groupes où chacun d'eux a une direction différente et se colore de son côté. Ou bien on observe une répétition de la loi de groupement et des mêmes couleurs. (V. *Feldspaths*.)

Les lames très minces ne se colorant plus en lumière polarisée sont plus commodes pour les recherches de lignes d'extinction.

LIGNES D'EXTINCTION. — DÉTERMINATION DES AXES D'ÉLASTICITÉ OPTIQUE.

Prenons une lame très mince d'un cristal à un axe optique ; supposons qu'elle ait été taillée à faces parallèles entre elles et à son axe AA' ; interposons-la entre les deux tourmalines croisées aa', bb' (fig. 77). Elle dissipe l'obscurité en général pour une orien-

tation quelconque ; cependant elle la rétablit lorsqu'elle occupe l'une ou l'autre de deux positions rectangulaires entre elles.

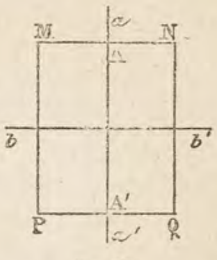


Fig. 77.

Soit : PMNQ la plaque dont l'axe est AA' ;

aa' axe de la tourmaline poariseur ;

bb' axe de la tourmaline analyseur.

1re Position de la Plaque donnant l'Extinction. — Son axe AA' est parallèle à celui du polariseur *aa'*. En effet, les vibrations sorties du polariseur parallèlement à *aa'* pénètrent dans la plaque et ne peuvent se décomposer, comme nous l'avons vu, que parallèlement et perpendiculairement à son axe. Mais il s'agit ici de lumière polarisée dont les vibrations sont parallèles à l'axe AA'. Ces vibrations parallèles ne pouvant, d'après les principes de la mécanique, donner une composante perpendiculaire, ne se décomposent pas et poursuivent leur direction. Au sortir de la plaque, elles entrent dans l'analyseur, dont l'axe *bb'* leur est perpendiculaire, et elles s'y éteignent.

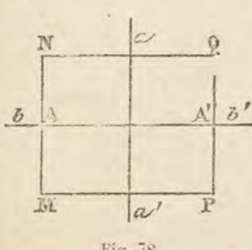


Fig. 78.

2me Position de la Plaque donnant l'Extinction.—L'axe AA' de la plaque est perpendiculaire à celui du pola-

riseur *aa'* (fig. 78). Les vibrations sorties du polariseur parallèlement à *aa'* ne peuvent pas fournir de composantes perpendiculaires à leur direction ; elles restent donc toutes parallèles à *aa'*, elles entrent dans la seconde tourmaline perpendiculairement à son axe *bb'* et y sont absorbées. En définitive, la plaque s'éteint lorsque l'axe *aa'* de l'analyseur est parallèle à l'un de ses axes d'élasticité. Le caractère pratique d'un axe d'élasticité est donc de rétablir l'obscurité lorsqu'il se trouve parallèle à l'axe ou à la section principale de l'analyseur ou du polariseur.

Si l'on interpose une plaque d'un cristal perpendiculaire à son axe optique, entre un analyseur et un polariseur à sections principales croisées, elle se comporte comme une lame du système cubique et laisse persister l'obscurité, quelle que soit sa position. Car toutes les directions qu'on peut mener sur cette plaque sont des axes d'élasticité optique et ne changent rien à la direction des vibrations de l'analyseur, à laquelle elles sont parallèles.

Soit enfin une lame de direction quelconque taillée dans un cristal biréfringent des systèmes quadratique et hexagonal. Observée entre les tourmalines ou des nicols à sections principales croisées, elle dissipe en général l'obscurité, excepté pour deux positions rectangulaires entre elles, qu'on appelle, à cause de leur propriété de rétablir l'obscurité, des lignes *d'extinction*.

DES AXES D'ÉLASTICITÉ DANS CES CRISTAUX DU SYSTÈME ORTHORHOMBIQUE.

Une lame taillée dans une section quelconque d'un cristal du système orthorhombique, placée entre les

deux tourmalines en croix, rétablit la lumière, comme celles des systèmes précédents, excepté pour deux directions qui la font disparaître, lorsqu'elles se trouvent vis-à-vis d'une des deux tourmalines. Ces directions, rectangulaires entre elles, sont appelées encore, par conséquent, des *lignes d'extinction*. Ce sont les axes des sections elliptiques obtenues dans un ellipsoïde dont les rayons vecteurs sont inverses des valeurs qui mesurent les vitesses de propagation de la lumière dans le cristal suivant leurs directions. Cet ellipsoïde a trois sections principales parallèles aux trois plans de symétrie du cristal, et ces plans déterminent, en se coupant, les trois axes principaux de la surface. Ceux-ci sont les trois *axes d'élastacité optique* du cristal ; ils sont parallèles aux trois côtés du prisme rectangulaire circonscrit au prisme orthorhombique, ou, ce qui revient au même, à la hauteur et aux deux diagonales de la base de ce dernier prisme. Comme les axes d'élasticité optique des systèmes précédents, ils jouissent de cette propriété que les deux rayons réfractés issus d'un même incident y cheminent côte à côte avec des vitesses différentes. Ce sont, bien entendu, d'abord *des lignes d'extinction* ; c'est, en outre, parallèlement à *deux d'entre eux que la lumière atteint la plus grande et la plus petite de ses vitesses de propagation.*

DES AXES D'ÉLASTICITÉ OPTIQUE DANS LE SYSTÈME CLINORHOMBIQUE.

Les lames taillées dans une direction quelconque d'un cristal de ce système présentent toujours deux *lignes d'extinction*. Quant aux *axes d'élasticité* propre-

ment dits, l'un est toujours cette diagonale de la base que nous avons appelée la *diagonale horizontale ;* les deux autres sont dans le plan de symétrie, perpendiculaires entre eux; mais les lignes cristallographiques sont, dans chaque espèce, sans relation connue avec ces axes. Les angles qu'ils font avec les côtés du contour que présente la section parallèle au plan de symétrie rendent de grands services pour la détermination des espèces minérales cristallisées dans ce système.

Axes d'élasticité de différentes couleurs. — Éclairons d'abord la plaque soumise à l'observation avec de la lumière blanche, puis avec une lumière homogène, comme celle d'une flamme jaune contenant du chlorure de sodium, ou celle d'un verre rendu rouge par du cuivre oxydulé, ou celle encore d'une dissolution bleue de sulfate de cuivre dans l'ammoniaque, ou enfin une des lumières colorées que l'on obtient en décomposant par un prisme la lumière blanche, nous verrons que les lignes d'extinction sont les mêmes pour toutes les couleurs dans le système orthorombique. Dans le système clinorhombique, il n'en est plus de même; toutes les couleurs ont encore la diagonale horizontale pour un de leurs axes d'élasticité commun ; mais les axes d'élasticité des différentes couleurs n'ont plus la même direction dans le plan de symétrie (fig. 79). On aura, par exemple, en $e\beta o$, $e'\beta o$, les axes pour le bleu, en $e\rho o$, $e'\rho o$ les axes pour le rouge.



Fig. 79.

Ce qu'on observe donc dans ce système comme lignes d'extinction, ce sont des directions moyennes de celles que montreraient les diverses couleurs.

DES AXES D'ÉLASTICITÉ OPTIQUE DANS LE SYSTÈME CLINOÉDRIQUE.

Les trois *axes d'élasticité optique* rectangulaires s'y retrouvent; mais leur direction ne peut être déterminée à l'avance dans le cristal. Il n'y a plus aucune direction où se confondent les axes d'élasticité de toutes les couleurs.

En résumé, toutes les propriétés que nous venons de passer en revue sont autant de caractères des espèces minérales, qui aident à les distinguer, surtout quand elles sont enchevêtrées les unes dans les autres, comme on le voit le plus souvent dans les roches. Dans une section mince d'une roche, les très petits éléments sont quelquefois très nettement cristallisés; mais leurs contours se fondent les uns dans les autres lorsqu'on les regarde en lumière naturelle; tandis qu'en lumière polarisée, ils se colorent en général différemment, à cause de la différence de leur nature, ou de celle de la direction suivant laquelle ils se trouvent taillés, ou de celle enfin de leur épaisseur. Cela peut faciliter dans beaucoup de cas la détermination des espèces, ou au moins des angles plans formés par les droites dont se compose le contour d'un cristal qu'on veut reconnaître. Cela permet aussi de constater, sur beaucoup de cristaux, des groupements souvent caractéristiques et toujours intéressants. Les tourmalines ne suffiraient évidemment pas à toutes ces recherches.

C'est pourquoi nous allons décrire les principaux instruments dont on se sert pour constater tous ces résultats.

Spath. — Prismes de Nicol. — La tourmaline rend de grands services, mais elle a besoin d'être colorée pour exercer sur la lumière l'absorption qui la rend utile, et par conséquent elle jette sur les phénomènes sa propre couleur, ce qui est quelquefois évidemment un inconvénient grave.

On emploie quelquefois un simple rhomboèdre de spath d'Islande provenant du clivage, comme nous l'avons fait dans l'expérience décrite plus haut (fig. 70). Il donne deux rayons, mais on n'en laisse passer qu'un, en interceptant l'autre au moyen d'un écran.

On préfère le plus souvent à la tourmaline et au spath d'Islande ou calcaire naturel un spath auquel on fait subir la préparation suivante (fig 80). On le taille en rhomboèdre un peu allongé. On le coupe en deux moitiés par un plan *ab* mené de l'un de ses angles obtus à l'autre, légèrement incliné sur son axe *aa'*, et perpendiculaire à la section qui passe par cet axe et par la diagonale inclinée *ae* des faces du rhomboèdre. On colle sur les deux faces obtenues par le sciage, après les avoir dressées et polies, un peu de baume du Canada; puis on les remet au contact, et on les enveloppe dans une monture. On a ce qu'on appelle un *prisme de Nicol*, du nom de son inventeur (fig. 80).

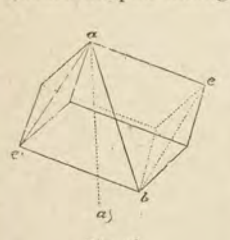


Fig. 80.

Soit (fig. 81) $a\ e^2\ b\ e^1$ la section du prisme de la

figure 80 par le plan du papier, parallèlement à l'axe *ab* et aux diagonales $a\,e'\,e\,b$ des deux faces opposées. Si un rayon tombe sur la face $a\,e_2$ suivant RI, il se divise en deux dans le cristal; l'un, IR_ε, rayon extraordinaire qui suit à l'émergence une direction parallèle à RI; l'autre, IR_ω, rayon ordinaire qui tombe sur le baume de Canada sous un angle supérieur à l'angle de réflexion totale, et qui est renvoyé suivant $R_\omega R''$; il y a, en effet, assez de différence entre les deux indices de réfraction des rayons ordinaire et extraordinaire, pour que l'un subisse avant l'autre la réflexion totale. C'est le rayon extraordinaire qui passe; il vibre dans le plan e_2e_1b, appelé *section principale*. Si on place un second nicol, de façon que sa section principale soit en croix avec la précédente, la région où ces deux sections se croisent est obscure, comme dans le système des deux tourmalines. En interposant les plaques cristallines entre les nicols, on observe les mêmes phénomènes qu'avec les tourmalines; il suffit de mettre partout, à la place des axes des tourmalines AA', BB' (fig. 73), le plan ou section principale e_2be_1 de l'un des nicols, et la section principale analogue de l'autre. Ce sont ces deux sections qu'il faut placer en croix, l'une par rapport à l'autre, pour avoir l'obscurité, etc.

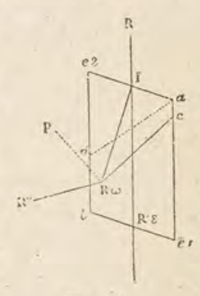


Fig. 81.

Glace noire. — On peut encore obtenir de la lumière polarisée en faisant réfléchir de la lumière naturelle sur

une glace noire, sous un angle de 35° 25' avec sa surface.

On peut adapter ces appareils, ordinairement des nicols, à des microscopes, et l'on observe soit les axes d'élasticité, soit les colorations des lames minces aux plus forts grossissements.

Microscopes polarisants. — Les microscopes en usage pour la minéralogie et la pétrographie exigent quelques dispositions spéciales. On a souvent à mesurer l'*angle de deux lignes droites* sur un cristal, par exemple, de deux côtés de son contour. Cette mesure s'opère sur un cercle divisé dont le plan doit être parallèle à celui des deux droites, et dont le centre doit coïncider avec le sommet de l'angle de ces deux lignes.

C'est pourquoi, au foyer de l'oculaire du microscope, on place un réticule formé de deux fils rectangulaires ou d'une lame de verre mince sur laquelle on a gravé deux traits croisés à angle droit, en ayant soin que leur point de croisement se trouve sur l'axe optique de l'instrument. On amène le sommet de l'angle qu'on veut mesurer en face du point de croisement, en faisant mouvoir la plaque à la main sur la platine ou porte-objet, ou mieux la platine qui la porte, qui est à chariot mobile et qu'on peut déplacer parallèlement à elle-même dans deux directions rectangulaires.

D'autre part, la platine est de forme circulaire et tourne sur son centre en dedans et au niveau d'une sorte de boîte qui est percée d'une ouverture convenable et dont le bord intérieur est divisé en degrés et demi-degrés, pendant que la circonférence de la platine, divisée elle-même dans une partie de son pourtour, y fonctionne comme vernier circulaire.

Lorsqu'on veut mesurer l'angle non plus de deux

lignes droites, mais d'une *droite de position connue et d'une ligne d'extinction* sur une face d'un cristal, on munit le microscope d'un polariseur (nicol qu'on place sous le porte-objet) et d'un analyseur (autre nicol qu'on place ordinairement au-dessus de l'oculaire et quelquefois au-dessous, dans le tube même du microscope). Généralement le polariseur a sa section principale établie à demeure d'arrière en avant par construction. On tourne l'analyseur jusqu'à ce qu'on obtienne l'obscurité. Les deux fils croisés doivent être, à ce moment, parallèles chacun à l'une des sections principales du polariseur et de l'analyseur. Ils peuvent avoir reçu cette position du constructeur, de manière à ne plus être déplacés; on peut vérifier cette position, ou les y ramener en tout cas en mettant sur la platine une lame qui donne deux teintes symétriques par rapport à leur ligne de contact, par exemple, une lame de gypse groupée suivant le plan h^1. Sur une lame de ce genre, les lignes d'extinction font toutes deux le même angle avec la ligne de jonction des deux demi-cristaux. On applique cette ligne de jonction sur le diamètre de la platine qui va 0° à 180°; celui-ci ayant été construit de façon à se diriger exactement d'avant en arrière. On voit si les extinctions se font bien symétriquement lorsqu'on tourne la platine à droite et à gauche. Il faut une lame de gypse très mince; si elle est un peu trop épaisse, on a des colorations qui ne permettraient pas une aussi bonne estimation.

Afin de garder un cristal en contact avec les fils croisés, M. Nachet a fait tourner la platine, l'objectif et le mouvement lent, en laissant l'oculaire, les fils croisés et l'appareil polarisateur immobile.

Ce microscope ne peut s'employer qu'en lumière parallèle. Mais, pour l'étude des propriétés optiques dont il va être question plus loin, il est nécessaire de recourir à de la lumière rendue convergente par des jeux de lentilles convenables. L'œil est bien une lentille convergente, mais il n'a pas assez de champ. Amici a remédié à ce défaut dans son instrument appelé *microscope d'Amici*. Ce microscope, qui a reçu de M. Descloizeaux, et plus récemment de M. Nodot, des modifications importantes, rend les plus grands services en minéralogie; mais il n'est pas capable d'assez forts grossissements. M. von Lasaulx a imaginé d'enlever l'oculaire d'un microscope ordinaire à lumière parallèle ; l'œil regarde alors dans le tube et voit les phénomènes auxquels donne lieu la lumière convergente; mais le grossissement est encore très diminué.

M. Émile Bertrand a repris et modifié heureusement les données d'Amici; pour transformer la lumière parallèle en convergente, il emploie une lentille achromatique d'environ trois centimètres de foyer, qu'on peut introduire à volonté dans l'axe de l'instrument et mettre au-dessus de l'objectif à une distance convenable à l'aide d'une crémaillère, et deux lentilles à très court foyer, dites demi-boules, qu'on place au-dessus du nicol inférieur pour amener sur la préparation un faisceau de rayons lumineux polarisés très convergents.

Les microscopes ainsi modifiés peuvent servir à la fois en lumière parallèle et convergente. Nous décrirons ceux que construit M. Nachet, en adaptant aux données de M. Bertrand la disposition commode qu'il avait inventée pour les microscopes à lumière parallèle. Le corps porteur des objectifs et du mouvement

lent est complètement indépendant du tube contenant l'oculaire et l'appareil de polarisation. Ce tube peut être abaissé ou élevé au moyen d'une crémaillère; le nicol polarisateur est placé sous l'objet dans un tube

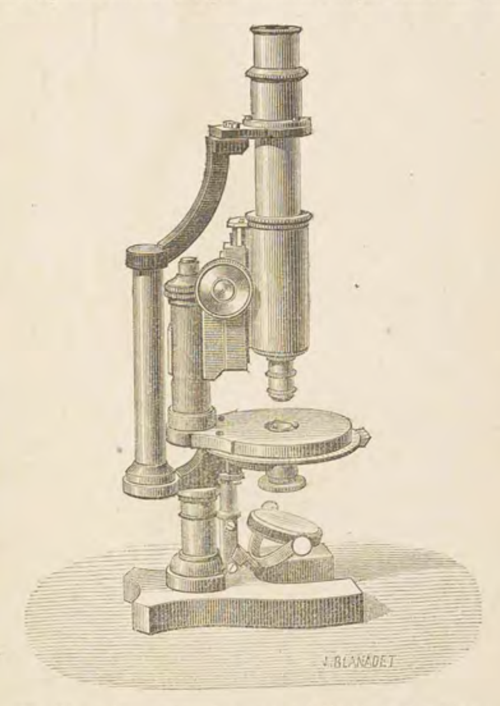


Fig. 82. — Microscope polarisant ; petit Modèle de M. Nachet.

à crémaillère pouvant être déplacé latéralement pour centrer le faisceau éclairant, fourni par un condensateur à grand angle d'ouverture placé sur le nicol. Le

nicol analyseur A se trouve dans une boîte métallique

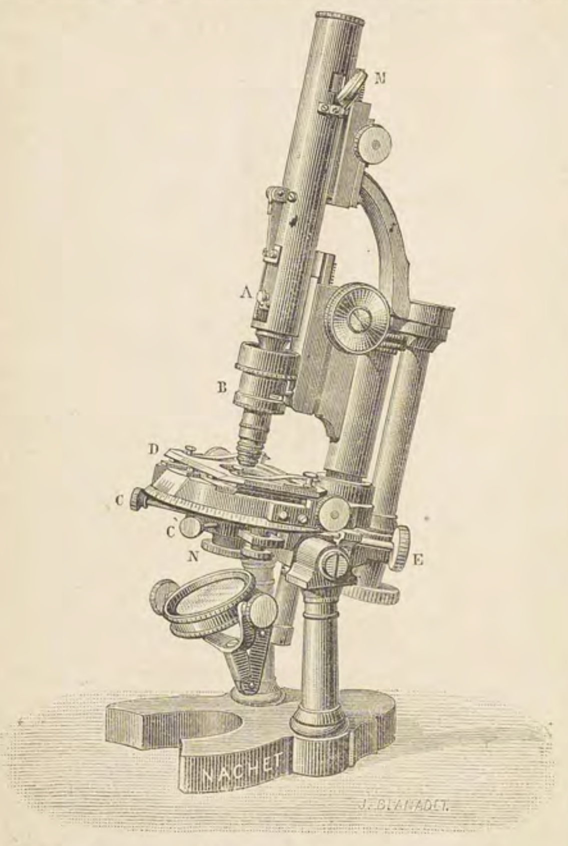


Fig. 83. — Microscope polarisant à Lumière parallèle ; grand Modèle de M. Nachet.

montée sur une articulation, de sorte que l'observation

dans la lumière polarisée peut se faire instantanément en relevant ce prisme, à la partie inférieure du tube (fig. 82 et 83). La figure 83 représente le modèle de la figure 82 simplifié.

A nicol analyseur.

B cône à baïonnette portant les lentilles convergentes.

C, D chariot et pièces qui servent à le mouvoir.

E pignon à débrayage pour la rotation de la platine.

M miroir pour éclairer les fils croisés, lorsque la lumière est éteinte dans le champ.

N nicol inférieur polariseur.

ANNEAUX COLORÉS OU COURBES ISOCHROMATIQUES DES CRISTAUX EN LUMIÈRE POLARISÉE CONVERGENTE.

Interposons entre deux nicols à sections principales croisées une plaque d'un cristal quadratique ou hexagonal perpendiculaire à son axe, on observe un phénomène aussi joli qu'important (fig. 84). Autour du centre de la région obscure, on aperçoit des anneaux circulaires irisés comme l'arc-en-ciel, traversés par une croix noire, dont les branches rectangulaires se coupent en leur centre commun, et sont parallèles, l'une à l'axe AA', l'autre à l'axe BB' des tourmalines. Si, au lieu de mettre les tourmalines à angle droit, on les place parallèlement, des anneaux irisés se montrent encore, mais leurs couleurs et celle des précédents sont complémentaires;



Fig. 84.

le vert, par exemple, s'y est échangé contre du rose; la croix noire est remplacée par une blanche. Ces anneaux sont d'autant plus serrés que la substance est plus épaisse ou plus biréfringente.

Explication de ces Phénomènes. — Nous employons ici comme polariseur et analyseur, non plus deux tourmalines, mais deux nicols. Nous mettons en croix les sections principales des nicols; il y a obscurité au point de croisement. Nous éclairons tout l'appareil avec de la lumière rouge.

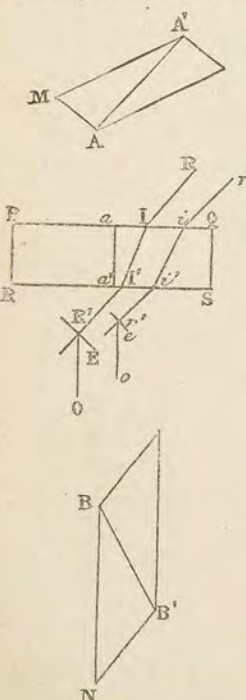


Fig. 85.

Soit AA'M la section principale du polariseur; BB'N celle de l'analyseur (fig. 85).

aa' axe optique d'un cristal appartenant au système quadratique ou au système hexagonal.

*aa'*I une section principale du cristal passant par l'axe, et perpendiculaire à la face PQ; c'est le plan du papier.

RI, *ri*, rayons lumineux qui convergent vers l'axe et arrivent dans toutes les directions sur la face PQ.

RI se dédouble; les deux rayons ainsi engendrés ne suivent pas rigoureusement la même direction; mais

on peut négliger leur distance angulaire et les regarder comme superposés. Ce qui n'est pas négligeable, c'est la différence de leurs vitesses de propagation, produite par celle de la direction de leurs mouvements vibratoires, les uns perpendiculaires à l'axe *aa'* ou à la parallèle R'O engendrant un rayon ordinaire, les autres, R'E, perpendiculaires aux précédents et situés dans la section principale produisant un rayon extraordinaire. De même, *ri* donne naissance à deux rayons, l'un ordinaire, qui vibre perpendiculairement à *or'*, perpendiculairement à l'axe *aa'*, l'autre extraordinaire, r'_e, qui vibre dans la section principale.

Dans le nicol BB', les deux systèmes de vibrations qui sont les unes perpendiculaires à R'O, les autres parallèles à R'E, fournissent chacun de leur côté une composante perpendiculaire à la section principale BB'N, qui est réfléchie totalement, et une qui se trouve dans la section principale. Celle-ci renferme donc deux vibrations parallèles et provenant, l'une de R'O, l'autre de R'E. Ces deux vibrations s'ajoutent, si le rayon R'O et celui qui est engendré par les vibrations R'E diffèrent d'un nombre pair de demi-longueurs d'onde au sortir de la lame; elles se détruisent, si cette différence de phase est d'un nombre impair de ces demi-longueurs d'onde.

Il peut se faire que, suivant la direction RI ou R'I', il y ait extinction d'une couleur du rouge, par exemple, et qu'un peu plus loin, dans une autre direction *ri*, on observe l'augmentation d'intensité de la même couleur, en sorte qu'en éclairant tout l'appareil avec de la lumière rouge, on verra un point noir en I, un point rouge en *i*. Si on fait tourner la figure autour de

l'axe, les lignes R'I' formeront un cône circulaire d'obscurité qui dessinera sur la face PQ observée un anneau sombre, et les lignes *r'i'* formeront un autre cône coupé par la même face PQ suivant un anneau brillant. Lorsque le plan tournant autour de *aa'* coïncidera avec la section principale AA' du polariseur, une vibration renfermée dans ce plan, ne pouvant donner une composante perpendiculaire, ne se décompose plus dans la lame; lorsque le plan tournant est parallèle à BB', les vibrations contenues dans la section principale ne peuvent non plus se décomposer perpendiculairement à cette section, l'obscurité persiste; c'est là l'origine de ces barres noires rectangulaires, parallèles aux sections principales de l'analyseur et du polariseur.

On aura donc des anneaux alternativement sombres et rouges. Si, au lieu d'éclairer avec de la lumière rouge, comme nous l'avons supposé, on emploie de la lumière blanche, les points où le rouge s'éteint ne correspondant plus [à l'extinction des couleurs seront colorés par le mélange des couleurs qui persisteront, et les anneaux seront irisés.

Cristaux orthorhombiques. — Ils possèdent trois axes rectangulaires par rapport auxquels les facettes cristallines sont orientées avec une symétrie spéciale; ces trois lignes sont les axes d'élasticité optique ou d'extinction. Taillons trois plaques perpendiculaires chacune à un de ces trois axes et contenant, par conséquent, chacune les deux autres axes (fig. 86). Met-

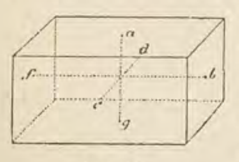


Fig. 86.

tons-les l'une après l'autre entre deux tourmalines en croix, ou mieux sur le porte-objet du microscope d'Amici, en amenant le nicol supérieur à la position d'obscurité ; l'une d'entre elles au moins montrera toujours les phénomènes suivants : les deux axes d'élasticité optique que renferme le plan de la plaque étant, l'un parallèle, l'autre perpendiculaire à l'axe de la tourmaline placée près de l'œil, ou à la section principale du nicol, on observe parallèlement à ces axes deux lignes noires, *bb'*, *cc'*; une de ces lignes, *cc'*, sert de diamètre à des courbes analogues à celles qu'on appelle *lemniscates* (fig. 87). Les lignes noires *bb'*, *cc'* divisent l'ensemble de la figure en quatre quadrants, entièrement symétriques.

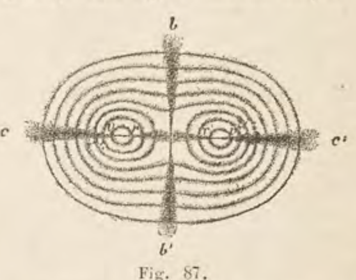


Fig. 87.

Examinons, par exemple, les anneaux les plus intérieurs *rv*, *rv'*. Ils sont très symétriques par rapport à *bb'* et à *cc'*, non seulement au point de vue de leur forme, mais encore à celui des couleurs qui les composent; par exemple, les deux couleurs rouges en *r* et *r'*, les deux violettes en *v*,*v'*, sont très symétriques par rapport à *bb'*. La position des couleurs, rouge et bleue ou violette, par rapport au point de croisement des lignes noires, ou centre de la figure, n'est pas la même pour toutes les espèces minérales à deux axes optiques. Dans le Péridot, le rouge est plus près, le bleu plus

loin du centre, comme sur la figure. Dans la topaze, le bleu est en dedans, le rouge en dehors. Dans ce cas, l'angle des axes optiques (voir page suivante, ligne 3) est plus grand pour le rouge que pour le bleu. On écrit $r > v$. Dans le premier cas, on écrit $r < v$.

Si l'on tourne la plaque cristalline de 45° sur le porte-objet, on voit la figure se modifier considérablement (fig. 88). En effet, la ligne *cc'* qui passait par les centres ou foyers de chaque courbe a tourné de 45°, comme l'indiquent les couleurs *r*, *r'*, *v*, *v'*, qui subsistent, mais qui ont changé de distances par rapport au centre de la figure ; les couleurs *v* et *v'* sont ici plus rapprochées ; les *r* et *r'*, plus éloignées. Les deux lignes noires qui occupaient les positions *a* et *a'*, *b* et *b'*, ont disparu ; mais les foyers des courbes sont les sommets de branches d'hyperbole *hh'*, *hh'*, qui sont bordées en dedans par du violet ou du bleu, en dehors par du rouge. Les courbes, d'ailleurs, sont toujours analogues aux précédentes et irisées, quand on éclaire l'instrument avec de la lumière blanche, telle que celle du jour.

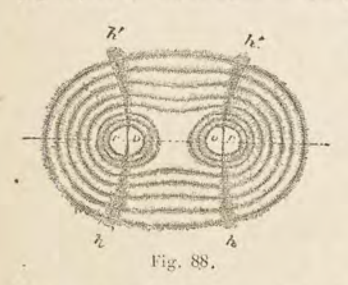


Fig. 88.

Joignons les foyers des courbes au centre du cristal, par des droites *oω*, *oω'* (fig. 89), on voit que ces lignes jouent chacune, par rapport à un des systèmes des anneaux ovales, le même rôle que l'axe optique par rapport aux anneaux circulaires irisés dans les systèmes

quadratique et hexagonal. Nous avons appelé ces derniers cristaux à un axe.

Par analogie, nous appellerons *axes optiques proprement dits* les lignes $c\omega$, $c\omega'$, et nous dirons que les cristaux du système orthorhombique sont *à deux axes*, quand on les considère à ce point de vue. Le plan des deux axes optiques est un des plans de symétrie du cristal. Les deux axes font l'un avec l'autre dans ce plan un angle aigu, et un angle obtus supplémentaire. Les bissectrices de ces deux angles Oa et Ob sont rectangulaires entre elles. La bissectrice de l'angle aigu est appelée *bissectrice aiguë*. C'est perpendiculairement à cette ligne Oa que doit être taillée la plaque pour montrer les anneaux colorés caractéristiques. Quant à l'angle des axes, il varie beaucoup d'une espèce minérale à une autre.

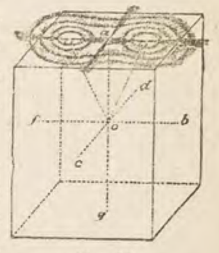


Fig. 89.

Les trois axes d'élasticité optique sont la bissectrice de l'angle aigu ag, celle de l'angle obtus des axes optiques bf, et la ligne perpendiculaire aux deux autres lignes cd. Elles sont parallèles aux trois axes cristallographiques. Nous en avons défini plus haut le caractère.

Système clinorhombique. — On y retrouve ces lignes, les deux axes optiques, les trois axes d'élasticité, dont deux sont les bissectrices des angles des axes optiques, et le troisième une perpendiculaire à leur plan.

Une plaque taillée dans un cristal de ce système perpendiculairement à la bissectrice de l'angle aigu

de leurs axes montre des courbes irisées analogues à celles du système orthorhombique ; mais les quatre quadrants ne sont plus symétriques que deux par deux par rapport à l'une des lignes *bb'*, *cc'* de la figure 87. La dissymétrie se manifeste par des formes différentes dans les deux systèmes de courbes, ou par des grandeurs inégales de leurs anneaux, par des différences dans leur éclat, dans leurs couleurs à droite et à gauche de l'un des axes *bb'* ou *cc'*.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur la recherche de la position de ces axes.

Système clinoédrique. — On y retrouve des lignes optiques analogues ; mais la distribution des couleurs y varie généralement d'un quadrant à l'autre, comme l'ont montré les observations de Brewster, et plus tard de M. Descloizeaux.

Soit F, F' foyers des courbes, la ligne FF' joignant les points où les axes optiques percent la plaque taillée perpendiculairement à la bissectrice aiguë. On a donné des noms différents aux trois dispersions ou distributions possibles des couleurs.

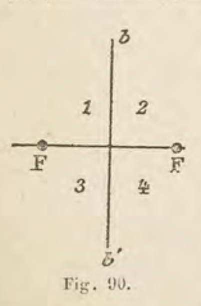


Fig. 90.

La ligne FF', étant parallèle à l'un des nicols, cette ligne et la perpendiculaire sont indiquées sur la plaque par deux sortes de pinceaux noirs rectangulaires entre eux, dont les pointes se touchent au centre. Elles divisent les couches isochromatiques en quatre quadrants (fig. 90).

Le tableau suivant indique les différents genres de dispersion :

	Quadrants.	
Dispersion.	*Symétriques.*	*Dissymétriques.*
Inclinée......	1 et 3; 2 et 4.....	1 et 2; 3 et 4
Horizontale...	1 et 2; 3 et 4.....	1 et 3; 2 et 4
Croisée......	1 et 4; 2 et 3....	1 et 3; 2 et 4 1 et 2; 3 et 4

En résumé, les caractères optiques permettent d'établir les divisions suivantes dans les systèmes cristallins :

I. **Cristaux isotropes, à Réfraction simple.** — Ils agissent de la même façon dans tous les sens possibles sur la lumière. Ils ont la réfraction simple, et ne modifient pas la direction des vibrations lumineuses. Ils comprennent les cristaux du système *cubique*.

II. **Cristaux anisotropes, à Réfraction double.** — Ils ramènent les vibrations lumineuses à deux directions rectangulaires entre elles, et donnent naissance à deux rayons réfractés et polarisés à angle droit. Ils se subdivisent en :

1° *Cristaux à un axe optique.* — Ceux-ci possèdent un axe autour duquel on observe des anneaux irisés traversés par une croix noire dans la lumière polarisée convergente (microscope d'Amici), et parallèlement auquel le rayon réfracté reste simple ; une infinité d'axes d'élasticité optique. Ce groupe comprend le système *quadratique* et le système *rhomboédrique* ou *hexagonal*.

2° *Cristaux à deux axes optiques.* — On y trouve deux axes, autour de chacun desquels on observe des anneaux irisés de forme ovale traversés par une

bande noire dans la lumière polarisée convergente ; trois axes d'élasticité optique rectangulaires. (Systèmes *orthorhombique*, *clinorhombique*, *du prisme doublement oblique*.)

RÉSUMÉ DES CARACTÈRES PRATIQUES FOURNIS PAR LES LIGNES D'EXTINCTION EN LUMIÈRE PARALLÈLE.

Rendons obscur le champ d'un microscope par l'interposition de deux nicols à sections principales croisées ; une lame mince placée sur le porte-objet de l'instrument laisse persister l'obscurité :

1° Lorsqu'elle a été taillée dans un cristal du système cubique, quelles que soient sa direction et la forme de son contour ;

2° Lorsqu'elle provient d'un cristal des systèmes optiquement uniaxes, à condition qu'elle ait ses faces parallèles à la base, perpendiculaires à l'axe principal ou optique des prismes carrés, hexagonaux, des rhomboèdres ou de leurs formes dérivées.

Dans ces deux cas l'obscurité persiste, quelle que soit la position qu'on donne à la plaque en la tournant sur elle-même. C'est ce qu'on peut appeler l'*opacité absolue*.

Une lame mince entre deux nicols en croix ne laisse plus persister l'obscurité que pour deux directions rectangulaires entre elles, lorsque, appartenant aux systèmes uniaxes optiquement, elle n'est pas perpendiculaire à l'axe, ou, quelle que soit sa direction, lorsqu'elle appartient à un des systèmes à deux axes optiques (prismes droits ou obliques à base rhombe, prismes biobliques).

Nous avons dit qu'à un certain degré d'amincissement, les matières cristallisées se colorent en rétablissant la lumière, et que ces colorations sont fort utiles pour distinguer les uns des autres les contours de substances qui resteraient confondus, ou les différentes orientations des bandelettes hémitropes, telles que celles dont se composent un grand nombre de feldspaths, et qui se colorent de teintes alternativement répétées.

Bien que les renseignements fournis par ces colorations puissent rendre des services sérieux, il en est de plus précis que fournissent les mesures des angles d'inclinaison des lignes d'extinction ou des sections principales qui leur sont parallèles avec les côtés des contours polygonaux pour les différentes substances, surtout quand on y ajoute la mesure des angles que font entre eux les côtés de ces contours.

En effet, à cause des colorations qu'elles prennent en lumière polarisée, les lames minces ne comportent ordinairement que des minima de lumière ; elles montrent des extinctions plus complètes, lorsqu'elles ont été amincies au point de rester incolores en lumière polarisée, quand elles l'étaient en lumière naturelle, ou de n'y conserver qu'une faible coloration, lorsqu'elles étaient naturellement très colorées. Un autre avantage des sections très minces est qu'elles peuvent assez souvent ne plus comprendre qu'un seul cristal dans leur épaisseur ; car des cristaux superposés les uns aux autres jettent mutuellement une plus ou moins grande perturbation dans les phénomènes auxquels ils donneraient lieu s'ils étaient isolés.

En rappelant ce fait, qu'un plan du cristal perpendi-

culaire à un plan de symétrie est coupé par ce dernier suivant une droite qui est elle-même à la fois une ligne de symétrie géométrique et une ligne d'extinction optique de la section qu'il détermine, nous allons passer en revue les formes les plus simples que présentent les sections des différents systèmes et les directions qu'on y observe pour les deux lignes d'extinction rectangulaires entre elles.

Sections triangulaires. — 1° *A forme de triangles isocèles. Deux lignes d'extinction parallèles, l'une à la base et l'autre à la hauteur du triangle :* faces d'une pyramide hexagonale, d'un octaèdre quadratique ou rectangulaire droit; sections du prisme clinorhombique parallèles à la diagonale horizontale. La hauteur du triangle est la trace d'un plan de symétrie sur la face.

2° *A forme de triangles scalènes et rectangles. Deux lignes d'extinction parallèles aux côtés rectangulaires :* faces des didodécaèdres (doubles pyramides à douze faces du système hexagonal) ou des dioctaèdres (doubles pyramides à huit faces du système quadratique), ou encore des octaèdres droits à base rhombe.

3° *A forme de triangles scalènes et obliquangles, une des lignes d'extinction étant parallèle à l'un des côtés du triangle* sur les faces des hémioctaèdres, ou, ce qui revient au même, à l'intersection de l'une de ces faces avec le plan de symétrie, dans les cristaux du système chlinorhombique.

4° *A forme de triangles scalènes obliquangles, une des lignes d'extinction n'étant parallèle à aucun des côtés du triangle :* on est dans le cas de la plus grande dissymétrie, celui de faces quelconques du système bioblique, ou de faces de cristaux du système clinorhom-

bique qui ne sont ni parallèles à la diagonale horizontale, ni symétriquement disposées par rapport au plan de symétrie.

Sections rectangulaires et carrées. — *Deux directions d'extinction parallèles aux côtés :* sections des prismes hexagonaux, quadratiques ou orthorhombiques par des plans parallètes à leur axe vertical, des prismes quadratiques et rectangulaires par des plans parallèles à l'une de leurs arêtes, des prismes obliques à base rectangulaire, par des plans parallèles à la diagonale horizontale de la base, des prismes clinorhombiques par le plan h^1 vertical et parallèle à l'axe horizontal.

Sections rhombiques. — *Deux lignes d'extinction parallèles aux deux bissectrices des angles supplémentaires du rhombe :* faces de forme qui résultent de la combinaison de prismes quadratiques et d'octaèdres placéssur leurs angles ; faces des rhomboèdres ; bases des prismes et sections des octaèdres rhombiques droits ou obliques par des plans verticaux ; sections d'octaèdres quadratiques ou orthorhombiques par des plans parallèles à l'une des bissectrices de leurs bases par des plans verticaux ou menés par les milieux de leurs diagonales ; sections par un plan qui passe par les sommets de deux angles solides opposés et par les deux extrémités d'un des axes rectangulaires dans les prismes quadratiques et orthorhombiques, par celles de l'axe horizontal dans les prismes clinorhombiques.

Sections parallélogrammiques. — Ce sont quelquefois des rhombes déformés ; dans ce cas, les extinctions y sont parallèles aux bissectrices des angles adjacents et l'on retombe dans le cas précédent.

Si elles sont de nature réellement parallélogram-

mique, en excluant le cas d'opacité absolue des substances cubiques, les extinctions s'y observent dans des directions indépendantes de leurs côtés ou de leurs bissectrices, et les angles de ces directions avec les côtés sont des caractéristiques de chaque espèce minérale, et peuvent souvent presque suffire à leur détermination, lorsque ces sections ont une position connue dans le cristal. On en verra de nombreux exemples aux espèces Amphiboles, Pyroxènes, Feldspaths, etc.

Sections à forme de Trapèzes. — *Deux directions d'extinction parallèles, l'une aux bases, l'autre à la hauteur du trapèze.* La hauteur menée par les milieux des deux bases est une ligne de symétrie. (Voir Sections à forme de triangles isocèles, ces trapèzes symétriques n'étant que des triangles isocèles dont le sommet est tronqué par la trace d'une face voisine sur leur plan.)

Trapèzes ayant deux côtés rectangulaires. (Voir de même les Sections à forme de triangles rectangles.)

Sections pentagonales. — Les seules intéressantes sont celles qui offrent une ligne de symétrie joignant un sommet du pentagone au milieu du côté opposé : *une ligne d'extinction parallèle, l'autre perpendiculaire à celle de symétrie :* faces de rhomboèdres directs combinés au prisme hexagonal e^2 ; sections des prismes quadratiques ou orthorhombiques par des plans perpendiculaires à ceux de symétrie.

Sections hexagonales. — On reconnaît que l'hexagone est perpendiculaire à l'axe principal d'un prisme à six faces régulier, lorsqu'il éteint dans toutes ses positions, comme nous l'avons vu plus haut.

Un hexagone de 120° peut provenir d'un prisme droit ou oblique à base rhombe modifié sur ses arêtes laté-

rales par des plans g^1 (voir pages 44 et 49); on y observe *deux lignes d'extinction rectangulaires entre elles, dont l'une joint deux sommets opposés, dont l'autre est perpendiculaire à deux côtés également opposés.* On retrouve ces lignes d'extinction parallèles à deux lignes de symétrie dans des sections hexagonales d'angles quelconques de formes quadratiques et orthorhombiques, parallèles à l'un des axes de symétrie horizontaux, et dans les sections analogues de formes clinorhombiques parallèles à la diagonale horizontale.

Deux directions d'extinction indépendantes des côtés ou des diagonales de l'hexagone qui n'offre plus de ligne de symétrie. C'est le cas des sections de prismes *mm* combinés aux faces g^1 dans les systèmes droits ou obliques à base rhombe par des plans qui n'ont plus les orientations définies plus haut; c'est le cas des sections de formes analogues $m^1 g^1$ du système bioblique par des plans de direction quelconque. (Voir *Amphiboles, Pyroxènes, Feldspaths.*)

Sections octogonales. — Nous n'avons pas à parler de celles qui sont perpendiculaires à l'axe principal dans diverses formes du système quadratique et qui donnent l'opacité absolue. Celles qui présentent *deux directions d'extinction parallèles à deux lignes de symétrie rectangulaires entre elles* sont les sections de dioctaèdres, de prismes octogonaux par des plans obliques à l'axe principal, mais parallèles à une horizontale de la base. Souvent les octogones se décomposent en un rectangle et un rhombe et rentrent dans les sections rectangulaires et rhombiques. (Voir les Sections de ces deux formes.)

Sections d'un Nombre quelconque de Côtés. — Les cris-

taux où on les a pratiquées sont des combinaisons complexes de formes simples, d'où il suit qu'elles sont elles-mêmes des combinaisons des sections précédentes, en quelque sorte élémentaires, qu'on peut y retrouver souvent en étudiant la disposition plus ou moins symétrique de leurs angles plans égaux par rapport à leurs lignes d'extinction.

Remarque. — Toutes les fois qu'on le peut, il est bon de diriger la coupe de la roche parallèlement ou perpendiculairement à des plans de clivage de tel ou tel élément de cette roche, lorsqu'on les aperçoit. Souvent, bien qu'on ne connaisse pas la direction que la section d'une roche a suivie dans ses divers éléments, il suffit de voir que certains d'entre eux ont une structure fibreuse et que l'extinction n'y est pas parallèle aux fibres pour pouvoir presque affirmer que la substance n'est pas cristallisée dans un prisme droit; car, généralement, les substances orthorhombiques ou quadratiques deviennent fibreuses et s'accolent suivant un axe de symétrie.

CHAPITRE III

DU SIGNE OPTIQUE DES CRISTAUX

Lorsqu'un cristal se trouve taillé de façon à montrer en lumière polarisée les courbes isochromatiques d'interférences que nous venons de décrire, il est utile de déterminer son signe optique.

Signe des Cristaux à un Axe. — Un cristal à un axe a

le même signe que l'excès de sa vitesse du rayon ordinaire sur celle du rayon extraordinaire. Si la première est la plus grande, le cristal est dit *positif:* si elle est la plus petite, le cristal est *négatif*.

Prenons pour exemple le quartz, cristal positif (fig. 91). Soit AA' son axe optique, BB' une perpendiculaire. Si un rayon lumineux tombe normal au plan BAB'A', la vibration BB' (rayon ordinaire) se propage plus vite que la vibration AA' (rayon extraordinaire). Or, la vitesse de propagation d'un rayon lumineux est proportionnelle à la racine carrée de l'élasticité propre à la direction où vibre l'éther; en sorte que BB', étant la direction de la vibration qui se transmet le plus rapidement, a l'élasticité maxima, et l'axe AA', suivant lequel vibre le rayon extraordinaire, a l'élasticité minima. Dans le calcaire qui est négatif, l'axe optique AA' est la direction de plus grande élasticité.

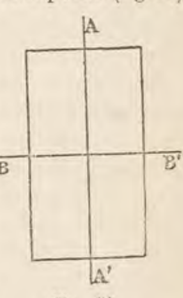


Fig. 91.

Signe des Cristaux à deux Axes optiques. — Ils possèdent trois axes d'élasticité rectangulaires; deux sont contenus dans le plan des axes optiques et forment, l'un, la bissectrice de l'angle aigu, l'autre la bissectrice de l'angle obtus des axes; le troisième axe d'élasticité est perpendiculaire au plan des axes. On nomme par abréviation le premier *bissectrice aiguë*, le second *bissectrice obtuse*, et le troisième *ligne perpendiculaire*. Les deux bissectrices sont toujours les axes d'élasticité extrême; tantôt la bissectrice aiguë a l'élasticité minima : on dit, dans ce cas, qu'elle est *positive*; elle est

négative, lorsqu'elle présente l'élasticité maxima. Le signe de la bissectrice obtuse est toujours contraire à celui de la bissectrice aiguë.

Instruments. — Les instruments dont on se sert pour déterminer les signes optiques des cristaux sont : 1° une lame de *quartz prismatique ;* 2° une lame de Mica, dite *mica quart d'onde.*

Quartz prismatique. — C'est une lame de quartz ayant une face parallèle à l'axe optique, et l'autre faisant un angle très petit, de 1° à 3°, avec l'axe. On a généralement deux ou trois de ces lames à angle de 1°, de 2°, de 3°. La figure précédente donne la vue d'en dessus d'une de ces lames.

Mica quart d'onde. — Le Mica est une substance à deux axes optiques ; il se clive en lames minces qui donnent les deux systèmes de courbes dessinées fig. 92.

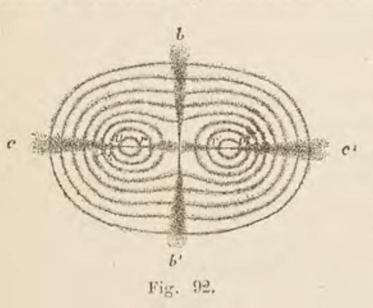


Fig. 92.

On prend une de ces lames de clivage ; on y marque une ligne joignant les foyers des deux courbes ; c'est ce qu'on appelle l'*axe* du mica et qu'on devrait appeler la *trace du plan des axes* sur la lame. La bissectrice aiguë du mica est négative, l'obtuse ou trace du plan des axes est positive. On chosit une lame assez mince pour que des deux rayons qui la traversent, celui qui est assimilable à un rayon ordinaire soit en avance sur l'autre d'un quart de longueur d'onde,

Détermination du Signe des Cristaux uniaxes. — Supposons une lame de Spath montrant les anneaux colorés. Dans la lumière rouge, on y voit une série d'anneaux concentriques alternativement sombres et rouges. En dedans du premier anneau la lumière passe, au point A par exemple. En A, les deux rayons, ordinaire et extraordinaire, qui proviennent d'un même incident, et dont les

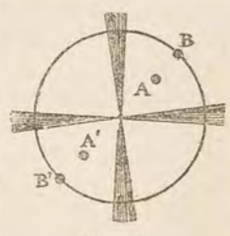


Fig. 93.

vibrations, rendues parallèles entre elles par l'analyseur, se détruisent plus loin en B, ne diffèrent pas assez de phase pour qu'il y ait extinction (fig. 93); si le rayon ordinaire se trouve en avance de $\frac{\lambda}{4}$ sur l'extraordinaire, la lumière passe. Superposons au Spath la lame de Mica de façon à ce que la trace du plan des axes soit parallèle à la direction OA, à 45° des deux branches de la croix noire; le rayon ordinaire qui traverse cette lame ajoute son avance $\frac{\lambda}{4}$ à celle donnée par le Spath, et la somme des deux quarts de λ donne $\frac{\lambda}{2}$; il y a donc en A un point noir, ainsi qu'en A' son symétrique, et la croix disparaît. Ainsi, en superposant une lame de Mica quart d'onde à une lame d'un cristal négatif donnant les anneaux colorés circulaires traversés par une croix noire, et en dirigeant le plan des axes du Mica à 45° des branches de la croix, on voit celle-ci disparaître; mais en même temps deux points noirs se montrent

sur la trace du plan des axes du Mica. Pour un cristal positif, les deux points noirs seraient l'un à droite, l'autre à gauche de cette trace du plan des axes du Mica, tout étant exécuté d'ailleurs dans les mêmes conditions.

Détermination du signe des Cristaux à deux Axes. — On prend une plaque taillée de façon à donner les deux systèmes de courbes isochromatiques, et on dirige le plan des axes à 45° des sections principales des nicols, de façon que les foyers des deux courbes deviennent les sommets des deux branches d'hyperboles. Puis l'on glisse une lame de quartz prismatique *parallèlement* à la direction qui joint les sommets de l'hyperbole. Si la bissectrice aiguë du cristal est *positive*, on voit un grand mouvement des anneaux qui s'agrandissent et entrent les uns dans les autres. Si la bissectrice aiguë du cristal est négative, pour produire ce mouvement il faut glisser la lame de quartz *perpendiculairement* à la ligne qui joint les sommets de l'hyperbole ou foyers des courbes.

En effet, soit un cristal à deux rayes ayant une bissectrice aiguë positive et par conséquent une bissectrice obtuse négative, celle-ci a l'élasticité maxima. On fait glisser parallèlement à cette bissectrice obtuse l'axe du quartz qui a l'élasticité minima, c'est-à-dire contraire. C'est comme si on diminuait la différence des élasticités des bissectrices aiguë et obtuse de la lame, et par suite la différence des phases entre les rayons qui la traversent ; les anneaux s'éloignent de la bissectrice aiguë, ils s'élargissent. Si le cristal est négatif, il faut faire glisser la lame de quartz perpendiculairement à la bissectrice obtuse ; c'est alors l'axe d'élasti-

cité maxima du quartz, ou BB', qui devient parallèle à cette bissectrice. Dans cette position, le quartz agit comme s'il augmentait l'élasticité de la bissectrice obtuse de la lame soumise à l'observation.

CHAPITRE IV

DE LA POLARISATION ROTATOIRE

On appelle ainsi une action particulière que certaines substances exercent sur la lumière polarisée. Le cristal de roche, qui appartient au système hexagonal, lorsqu'il est traversé par des rayons parallèles à son axe, change la direction de leurs vibrations. L'angle dont ces vibrations tournent dans le plan perpendiculaire à l'axe varie avec la couleur, et il est proportionnel à l'épaisseur de quartz traversée. Le résultat de cette action, lorsqu'on observe une plaque de cette substance, taillée perpendiculairement à son axe, est de faire disparaître la croix noire au milieu des anneaux colorés, lorsqu'on se sert de lumière blanche, et que l'épaisseur de la lame est suffisante. Les cristaux de quartz portent sur leurs angles des facettes dont l'ensemble mène à des formes hémièdres et dépourvues de plan de symétrie; ces facettes dissymétriques sont en relation avec le phénomène dont nous parlons.

CHAPITRE V

POLYCHROISME

Un certain nombre des pierres cristallisées dans un des systèmes autres que le *cubique* montrent différentes couleurs, qui varient principalement avec les directions où elles sont vues. La cordiérite ou saphir d'eau offre un type bien net de pierre *dichroïque*. La cordiérite, appelée d'abord iolithe, a reçu de Cordier le nom de dichroïte, parce qu'il y avait observé deux couleurs différentes suivant la direction où il la regardait. Plus tard on a vu qu'en réalité elle en offre trois, et l'on a changé le nom de dichroïte en l'honneur du professeur du Muséum qui avait découvert ce remarquable phénomène. La cordiérite, comme nous le dirons plus tard, est un silicate d'alumine, de magnésie et de fer, contenant souvent un peu d'oxyde manganeux; ses formes cristallines peuvent être rapportées à un prisme droit à base rectangle ayant, par conséquent, trois plans de symétrie rectangulaires, et trois axes inégaux qui sont aussi perpendiculaires l'un sur l'autre.

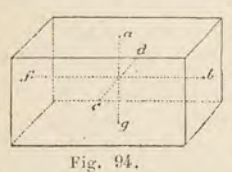


Fig. 94.

Certaines variétés paraissent d'un bleu foncé, lorsqu'on les regarde le long d'un axe *ag*; d'un blanc jaunâtre, le long d'un axe *bf*, et d'un blanc grisâtre, le long de l'axe *de* (fig. 94).

On s'explique facilement ce fait. Les trois axes du

cristal étant trois axes d'élasticité optique, où la vitesse de propagation de la lumière atteint ses deux valeurs extrêmes et la valeur intermédiaire, il n'est pas étonnant que les lumières des différentes couleurs y subissent aussi des absorptions ou extinctions inégales. La lumière bleue, par exemple, y passe de préférence aux autres dans la direction *ag*.

Loupe dichroscopique. — Souvent les pierres ne sont pas taillées dans la direction de ces axes d'élasticité ; on y observe alors un mélange des différentes couleurs qui caractérisent chacune de ces directions en particulier. On doit à Haidinger un instrument qui permet d'analyser ce mélange (fig. 95). En interposant entre l'œil et la pierre un rhomboèdre de spath S produit par clivage, et dont on a poli la face tournée vers l'œil et la face opposée, on voit deux images de la lumière qui traverse la pierre P soumise à l'examen; ou plutôt, comme le spath est enchâssé dans un petit tube de laiton percé à un bout A d'une petite ouverture carrée, on reçoit dans l'œil placé à l'autre bout B deux images de l'ouverture A, éclairée par la lumière qui a traversé le cristal P. Ces deux images sont teintes des deux couleurs propres à deux axes différents du cristal P. Elles empiètent en un coin un peu l'une sur l'autre, pour montrer la couleur qui résulte de leur mélange.

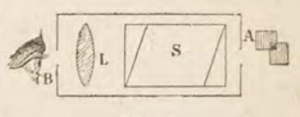


Fig. 95

Le spath S est ramené à la forme d'un parallélipipède rectangle au moyen de deux prismes de verre d'environ 18°.

L est une petite lentille fonctionnant comme loupe.

Au microscope, beaucoup de substances montrent ce phénomène du dichroïsme, quand elles ne sont pas employés en lamelles trop amincies.

Il suffit d'y faire tourner entre deux nicols croisés une section d'un cristal coloré comme en présentent beaucoup d'amphiboles, de micas, certains feldspaths, etc., pour les voir changer de couleur, suivant leur position sur le porte-objet par rapport aux sections principales des nicols. Tschermak regarde ce caractère d'un fort dichroïsme comme un des plus certains qu'on connaisse pour distinguer les amphiboles des pyroxènes. Les premières sont en effet plus souvent dichroïques que les seconds.

CHAPITRE VI

PROPRIÉTÉS THERMIQUES ET ÉLECTRIQUES DES CRISTAUX

DILATATION ET PROPAGATION DE LA CHALEUR

Dans les cristaux cubiques, les dimensions varient de la même quantité dans tous les sens pour la même élévation ou le même abaissement de température; dans les cristaux du système quadratique et des systèmes hexagonaux, cette variation est constante aussi dans le plan perpendiculaire à l'axe de principale symétrie, mais elle prend une valeur différente suivant cet axe, lorsque la température du cristal change du même nombre de degrés dans toute sa masse ; dans les cristaux du prisme droit à base rhombe, la

variation change d'une direction à une autre ; mais l'arête verticale du prisme et les deux diagonales de sa base forment trois axes, dont deux sont toujours parallèles aux directions de plus grande et de plus petite variation linéaire ; enfin, dans les cristaux des deux derniers systèmes, il reste encore trois directions rectangulaires où les variations de longueur atteignent la plus grande, la plus petite valeur et une valeur intermédiaire. Le vrai caractère de ces directions, c'est que, si on joint un de leurs points à la source de chaleur, par une ligne droite, le déplacement produit par la dilatation a lieu sur cette droite. Le procédé de constatation est très délicat ; aussi les résultats obtenus par Mitscherlich, Neumann, et par M. Fizeau, tout en étant classés parmi les plus intéressants au point de vue scientifique, sont-ils peu appliqués à la détermination pratique des espèces minérales.

La dilatation inégale des minéraux dans les différentes directions doit évidemment exercer une certaine influence sur celle des roches dont ils deviennent les éléments. Cette étude n'a pas encore été abordée ; elle ne manquerait cependant pas d'intérêt, au point de vue de la dislocation que des dilatations inégales doivent amener ou des pressions que des minéraux entassés dans une masse générale doivent exercer les uns sur les autres, lorsqu'ils augmentent de volume sous l'action irrésistible d'un accroissement de température.

PROPAGATION DE LA CHALEUR.

La recherche de l'intensité que la chaleur conserve en traversant les minéraux et les roches a été déjà

l'objet d'assez nombreux travaux. De Senarmont a fait à cette recherche une application heureuse d'un procédé qu'on doit à Ingenhousz ; il couvrait de cire la surface d'une plaque mince convenablement taillée. Il faisait traverser cette plaque par une tige de métal qu'il échauffait en un point éloigné au moyen de lampes à alcool, et en protégeant la plaque contre le rayonnement au moyen d'écrans convenablement disposés. La chaleur parvenue dans la tige aux points où elle touchait la plaque se répandait dans celle-ci en tous sens, et la graisse fondait autour de la tige jusqu'à des distances variables avec la direction. Lorsque l'équilibre de température était atteint, que la région occupée par la graisse fondue cessait de grandir, il éteignait les lampes. La graisse refroidissait ; mais sur le contour de la région où elle avait fondu, elle laissait un bourrelet saillant, même quand elle était figée. Si le bourrelet saillant est circulaire, c'est que la température nécessaire à la fusion de la graisse est parvenue, au bout d'un même temps, à des distances égales de la source de chaleur, et que toutes les directions de la face conduisent la chaleur avec la même facilité. Lorsque le contour n'est pas circulaire, il est elliptique ; le grand axe de l'ellipse montre la direction où la chaleur se propage le plus facilement.

On peut constater ainsi que toutes les directions d'une masse ayant la symétrie cristalline du cube conduisent également la chaleur ; que toutes celles d'un plan perpendiculaire à l'axe principal des cristaux appartenant aux systèmes quadratique et hexagonal (cristaux à un axe optique) conduisent aussi la chaleur de la même façon ; mais que, suivant l'axe,

une température déterminée parvient à une distance différente de celle qu'elle atteint dans le même temps sur le plan perpendiculaire. En résumé, la graisse figée dessine un cercle sur la base des prismes, une ellipse dans les autres directions. Dans les cristaux des derniers systèmes, les courbes de fusion de la matière grasse sont, en général, des ellipses dont l'ensemble, si on pouvait le voir d'un seul coup d'œil dans le cristal, y formerait une surface appelée *ellipsoïde*. Dans le système orthorhombique, les trois axes de l'ellipsoïde sont parallèles aux axes cristallographiques. Dans le système clinorhombique, un de ces axes est parallèle à l'axe de symétrie ; les deux autres sont dans le plan de symétrie faisant, avec la direction h^1 menée dans les sections parallèles à ce plan, des angles que l'observation seule peut faire connaître et qui deviennent des caractères spécifiques; dans le système biblique la surface a la même forme, mais ses trois axes ont dans le cristal des orientations variables, avec des lignes de directions connues des analogues dans les différentes espèces. Cette méthode a l'avantage de permettre d'embrasser d'un coup d'œil les pouvoirs conducteurs des différentes directions d'une même section plane. Elle a l'inconvénient d'exiger le forage des plaques, ce qui est toujours coûteux et souvent dangereux. Nous avons réussi à éviter le perçage des plaques au moyen du procédé suivant.

Appareil pour la Mesure des Conductibilités thermiques. — Nous rendons simplement plane une face quelconque d'un corps soumis à l'observation en la frottant sur un disque de métal avec un peu d'émeri, et dans certains cas

avec un peu d'huile sans poudre intermédiaire ; nous couvrons la face de graisse ou de cire à la manière de de Senarmont ; puis, sur un point quelconque de la face nous posons un petit cône de platine, auquel sont soudées les deux extrémités d'un fil de même métal, reliées par leurs deux autres bouts aux conducteurs d'une pile électrique. Lorsqu'on ferme le courant de la pile, le petit cône de platine s'échauffe, rougit, et fait fondre la graisse (1).

Voici l'appareil auquel nous nous sommes définitivement arrêtés, tel qu'il est construit par M. Laurent (2).

Le courant électrique arrive dans le pilier *b* par un fil *a* qui vient d'une pile Bunsen à deux ou trois éléments carrés ; il doit retourner à la pile par le pilier *b'* et le fil *a'* ; mais, pour aller de *b* en *b'*, il traverse un fil de platine fin, beaucoup plus résistant que les piliers. Ce fil se rattache par une de ses extrémités au pilier *b*, par l'autre au pilier *b'*. Il se replie sur lui-même, et, au point d'inflexion, il est soudé à une très petite sphère ou à un petit cône de platine (fig. 96).

C'est la petite sphère qu'on pose sur la plaque enduite d'une matière grasse, fusible à une basse température (cire, graisse, colorées ou non). Le fil traverse de part en part un écran qui a la forme d'une boîte en cuivre rouge *ee'*, percée d'un trou cylindrique. Dans le réservoir *ee'* circule très lentement un courant d'eau

(1) Jannettaz, *Mémoires sur la propagation de la chaleur dans les corps cristallisés* (Ann. Ch. et Ph., 4e série, t. XXIX, p. 5 ; Bulletin de la Société géologique de France, 3e série, t. Ier et suiv.).

(2) Jannettaz, *Sur un appareil à conductibilités thermiques*. — Bull. Soc. Min. de France, t. I (1878), p. 19.

froide, qui est amené par le tube *t* d'un flacon situé dans le voisinage et s'écoule par le tube *t'*.

La plaque à étudier *p* est posée sur la plateforme *ff'* ou sur un socle *g*, si elle n'est pas trop épaisse. A l'aide de la traverse *hh'*, qui glisse elle-même au moyen de

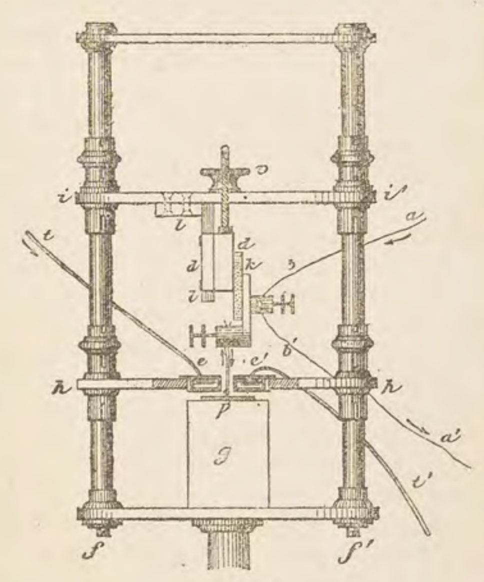


Fig. 96.

deux manchons sur les colonnes *fh*, *f'h'*, on descend l'écran presque au contact du cristal ; on enlève alors l'écran avec ses deux tubes *t*, *t'*, qui sont en caoutchouc.

Au moyen de la traverse *ii'*, qui glisse aussi sur les colonnes *fi*, *f'i'*, à l'aide de manchons, l'on abaisse le

fil de platine, jusqu'à ce que la boule touche la plaque, et cela au point qu'on veut échauffer, puisqu'on peut déplacer à la main soit la plaque elle-même, soit le socle *g* qui porte cette plaque.

Le fil et les piliers auxquels on le fixe par deux petites vis métalliques se relient à la traverse *ii'* par un petit chariot vertical *d* mobile, le long d'une glissière *l* fixée à la traverse *ii'*. Une vis qu'on élève ou abaisse, au moyen d'un écrou mobile *v*, entraîne le chariot dans son mouvement vertical. Sur le chariot est montée une pièce en caoutchouc durci *k*, laquelle isole les piliers du reste de l'appareil.

Une fois le contact établi, on relève chariot, piliers, fil, on remet l'écran à sa place ; on redescend enfin le chariot et tous ses appendices jusqu'à ce que la boule touche la plaque, puis on établit la circulation d'eau froide dans le réservoir *e* ; enfin on ferme le courant. La boule de platine s'échauffe, la graisse fond ; l'équilibre de température obtenu, on ouvre le courant, on ferme le robinet qui amène l'eau froide ; quelques instants après, on relève le chariot, puis l'écran d'eau ; on enlève enfin la plaque sur laquelle se dessine, après refroidissement, le bourrelet elliptique, qui fait connaître la variation de la propagation de la chaleur dans les différentes directions.

Au moyen de cet appareil nous avons pu opérer sur tous les corps possibles, lors même que leurs côtés ne dépassaient pas deux ou trois millimètres.

A deux ou trois exceptions près, sur plus de deux cents observations, les cristaux se sont montrés soumis aux lois suivantes :

La chaleur se propage plus facilement entre les plans

du clivage que perpendiculairement à ces directions planes. Ces directions de plus facile propagation de la chaleur sont celles aussi de plus grande densité réticulaire, c'est-à-dire celles où les molécules sont le plus rapprochées les unes des autres. La figure 97 montre un cristal clivable suivant la base et une courbe isothermique dont le grand axe *ab* est parallèle à cette base. La courbe a été produite sur une face perpendiculaire au clivage basique.

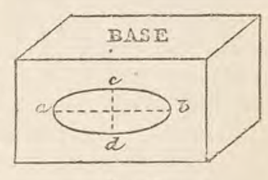


Fig. 97.

En appelant, avec les physiciens, ellipsoïde isothermique cette surface dont nous avons parlé plus haut, et dont les rayons vecteurs mesurent les distances auxquelles une source calorifique centrale donne la même température au même moment, on voit que les axes de cet ellipsoïde gardent la même orientation dans les groupes naturels d'espèces minérales, telles que les Amphiboles, les Pyroxènes, les Micas, les Wernérites, etc., tant que les vrais clivages y ont eux-mêmes la même direction. Dans le Diopside, l'Augite, l'Hédenbergite, par exemple, l'ellipsoïde a son grand axe perpendiculaire, et son petit axe parallèle à la trace de la base sur le plan de symétrie. Dans la Diallage, le petit axe est perpendiculaire au plan h^1 de clivage facile, et cette orientation qui distingue la Diallage montre que la séparation facile des cristaux suivant le plan h^1 provient d'un vrai clivage; car autant la propagation de la chaleur est en rapport avec les clivages proprement dits, ceux qui tiennent à la structure in-

time du corps, autant elle est indifférente à ces plans de séparation qui peuvent se produire entre des lamelles cristallines déposées les unes sur les autres pendant l'accroissement de la masse.

Des lois analogues se retrouvent dans les roches à structure schisteuse. La chaleur s'y propage aussi avec une facilité plus grande, parallèlement aux directions planes de plus grande fissilité, qu'on y appelle aussi plans de clivages; elle n'est pas non plus influencée par les plans de dépôt des couches qui forment la masse de la roche.

Si la roche présente plusieurs directions planes de clivage, les axes de la surface isothermique y sont déterminés, comme dans les cristaux, par la résultante des actions dues à tous les clivages. (Voir plus loin Roches schisteuses, p. 167.)

Nous avons pu étendre les procédés que nous venons de décrire à la mesure des conductibilités calorifiques comparées des minéraux ou des roches d'espèces différentes, en collant l'une contre l'autre des sections planes pratiquées dans deux cristaux ou deux roches, en dressant une surface bien perpendiculaire aux deux sections, en recouvrant cette surface de graisse, comme précédemment, et appliquant en un point de la ligne où les deux sections se réunissent la petite sphère de platine de notre appareil, en exécutant ensuite la série des opérations que nous avons exposée plus haut. Ordinairement, dans ce cas, au moyen d'un foret ou d'une petite fraise, nous creusons une petite cavité à l'endroit où nous voulons faire agir la chaleur, et nous remplissons la cavité de mercure ou d'une matière qui ne se volatilise qu'à une température élevée.

CHAPITRE VII

ÉLECTRICITÉ — MAGNÉTISME

Électricité. — L'électricité peut être invoquée quelquefois avec fruit. Nous ne parlerons ici que des faits capables de fournir des distinctions rapides entre des matières semblables au premier abord.

Nous avons dit, dans notre chapitre sur les formes des cristaux, que certains d'entre eux ont des extrémités dissemblables, et qu'on a donné à ce phénomène le nom d'*hémiédrie polaire*. Ce nom vient précisément des propriétés qu'ils présentent lorsqu'on les chauffe. La tourmaline en offre le type le plus célèbre. Elle cristallise en prismes hexagonaux, dont les sommets opposés sont chargés de facettes différentes. Lorsqu'un de ces cristaux, allongés d'habitude en forme de baguettes, est abandonné au refroidissement, après avoir été porté à une température un peu élevée, les extrémités en deviennent électriques et offrent des pôles contraires pendant le refroidissement. On le constate facilement, soit au moyen d'une aiguille aimantée, soit au moyen d'un autre cristal de tourmaline, qu'on laisse aussi refroidir après l'avoir chauffé. On pourrait faire une observation analogue pendant que les tourmalines s'échauffent ; il est à noter toutefois que les pôles qui caractérisent le mouvement de la chaleur pendant l'élévation et pendant l'abaissement de la température sont inverses les uns des autres.

La topaze présente un phénomène analogue, comme l'a établi définitivement M. Friédel. Bien que ces ob-

servations exigent des moyens de mesure sensibles, dans certains cas on en tire un bon parti.

MM. J. et P. Curie ont démontré, par exemple, que la pression exercée sur un corps hémièdre, tel que la tourmaline, y fait apparaître à ses extrémités dissemblables des pôles électriques contraires à ceux qu'y détermine l'échauffement.

On appelle *pyroélectricité* cette propriété que possèdent certains cristaux de montrer, à deux extrémités d'une direction passant par le centre, des pôles électriques contraires, lorsque la température de leur masse vient à changer.

Magnétisme. — On peut aussi utiliser dans certains cas l'action de quelques pierres sur l'aiguille aimantée (fig. 98).

Si on suspend à un fil de cocon, sans torsion, une paille bien droite, et qu'on passe au travers de la paille, à une de ses extrémités, deux aiguilles à coudre ou deux fragments d'une aiguille à tricoter, après les avoir aimantées sur un aimant quelconque, et en opposant leurs pôles, puis qu'on place à l'autre extrémité de l'aiguille un peu de cire molle, pour que la paille reste en équilibre, on peut ensuite, en approchant des aiguilles aimantées des grenats almandins, constater qu'ils exercent une action manifeste sur l'aiguille.



Fig. 98.

QUATRIÈME PARTIE

GÉNÉRALITÉS SUR LES ROCHES

CHAPITRE PREMIER

ORIGINE ET ARRANGEMENT DES ROCHES

La forme ellipsoïdale du globe, la température de plus en plus élevée de ses couches, à mesure qu'on les observe plus profondes, l'incandescence des masses de laves qui sortent des cheminées volcaniques, établissent ce fait fondamental, que la terre a passé par l'état de fusion. Par refroidissement, il s'est formé une première croûte solide, dont l'épaisseur s'est accrue avec la suite des temps.

Parmi les matières minérales qui entrent dans la composition élémentaire de cette écorce solide, un certain nombre y apparaissent en masses considérables, et souvent avec des caractères identiques ou très analogues, dans des régions très éloignées les unes des autres. C'est à ces masses que l'on a donné le nom de ROCHES.

L'eau qui recouvre la surface de la terre sur les deux tiers de son étendue, l'air qui l'entoure dans tous les sens, les vapeurs et les gaz qui s'échappent de ses

profondeurs, méritent sans doute le nom de parties élémentaires du globe ; mais la détermination de ces éléments de notre planète ne peut se faire par les mêmes procédés que celle des roches proprement dites ou masses solidifiées. Quant au noyau du globe, à cette région enveloppée par la partie extérieure solide, l'on n'en connaît ni la composition ni l'état physique. Il est très vraisemblable que la température en est très élevée; l'on sait que la densité moyenne y est plus grande dans les parties profondes que dans les superficielles; mais la composition en est entièrement conjecturale.

L'on regarde les roches appelées *gneiss*, à éléments cristallins, disposés suivant des feuillets assez distincts les uns des autres, comme étant de celles qui résultent de la solidification due au refroidissement lent du globe terrestre. Un grand nombre de géologues y ajoutent certains granites à grains fins. Les roches de cette origine sont appelées **fondamentales.**

Aussitôt que la température a été assez basse à la surface de la terre, l'eau répandue dans l'atmosphère, et chargée de vapeurs de différente nature, dissoutes ou condensées en même temps qu'elle, a commencé son rôle chimique comme dissolvant, et son rôle mécanique comme moteur, qui entraînait sur certains points déjà plus bas des débris, des détritus arrachés à des roches situées dans des régions plus élevées.

Ces débris sont tantôt des parties de la roche, qui sont restées ce qu'elles étaient avant la dissociation de ses éléments, par exemple les sables ; tantôt des espèces minérales, auxquelles les roches décomposées n'ont fourni qu'une partie de leur substance, par exemple

un grand nombre de calcaires. Les roches de cette origine ont souvent l'aspect de la terre qui couvre les champs. On les appelle, dans ce cas, **terreuses.** On les nomme surtout **sédimentaires**, c'est-à-dire déposées par les eaux, et **stratifiées**, ce qui signifie qu'elles sont disposées en strates, en couches successives parallèles.

Il est une troisième origine des roches également fort importante. Dès les époques les plus reculées, il s'est produit dans l'écorce terrestre des crevasses, des fentes gigantesques, où ont été injectées, à un état plus ou moins pâteux, les roches dites **éruptives**, auxquelles se rapportent la plupart des Granites, les Porphyres, les Trachytes. A cet ordre se rapportent aussi les roches volcaniques, soulevées à l'état de fusion ignée, telles que les Basaltes, les Laves, et les matières déversées ou rejetées encore aujourd'hui sous nos yeux par les cratères des volcans, sous la forme de masses épanchées, de coulées, de scories, de lapilli, etc.

Tels sont donc les trois grands ordres de roches caractérisées par des relations très différentes de position : 1° les roches cristallisées de refroidissement, dont les plus anciennes sont les plus extérieures et superposées aux plus récentes ; 2° les roches sédimentaires ou terreuses, dont les premières dans l'ordre des temps sont les plus profondes, et recouvertes par les plus modernes, disposition inverse de la précédente ; 3° les roches éruptives, que l'on subdivise en roches volcaniques et roches d'épanchement, poussées au travers de celles qui existaient déjà au moment de la sortie. Les roches éruptives ont leur base dans les régions profondes du globe, et se rattachent, au moins

par l'époque de leur consolidation, à des enveloppes concentriques du noyau intérieur, qui se sont ajoutées à l'écorce du globe les unes après les autres, de dehors en dedans.

Mais les vapeurs atmosphériques, aussitôt après leur première condensation, les eaux superficielles qui pénétraient, qui circulaient dans les fentes et les crevasses des parties superficielles, et surtout les émanations des régions plus profondes du globe, tout cela devait tendre dès le principe à modifier plus ou moins la nature minéralogique des roches. Dans les unes, certains éléments ont été transformés ; dans les autres, il s'est introduit des éléments nouveaux. Les mouvements de la croûte solide ont donné lieu à des phénomènes mécaniques ; des argiles de texture inconnue, plus ou moins stratifiées, sont devenues schisteuses et fissiles, c'est-à-dire divisibles en feuillets très minces, suivant des plans orientés tout autrement que ceux de la stratification. Ailleurs, des sables, des fragments de roches ont été agglomérés par un ciment qui s'y est infiltré ; parfois la roche est sillonnée par des veines distinctes de matières étrangères.

L'on appelle plus particulièrement *métamorphiques* les modifications produites par le concours de l'eau et des vapeurs minérales, qui ont agi à une température élevée, sous une pression forte, en même temps que par des phénomènes mécaniques dus aux mouvements de l'écorce, dont les masses modifiées faisaient partie. Les ROCHES MÉTAMORPHIQUES sont celles qui ont subi ces modifications. La plupart des géologues y rapportent les schistes chloriteux et talqueux, les micaschistes et les phyllades, etc.

Les phénomènes de métamorphisme sont des plus nets dans les parties des masses éruptives et des roches encaissantes qui se trouvent en contact. Il faut reconnaître que la plupart des roches méritent plus ou moins le nom de métamorphiques ; car il en est bien peu qui soient restées identiques à ce qu'elles étaient au moment de leur formation.

En outre, autour des grandes crevasses remplies par les roches éruptives, il y a comme une auréole de fentes, où des sources thermales, venues en partie des profondeurs, ont apporté des matières minérales souvent métallifères. Ce sont les FILONS.

Il faut ajouter enfin à toutes ces roches celles d'*origine organique*, comme les divers charbons fossiles, qui proviennent d'anciens végétaux amenés par des altérations profondes à ces divers états sous lesquels nous apparaissent aujourd'hui l'anthracite, la houille, le lignite et la tourbe. A cet ordre se rattachent les coprolites et le guano. Nous admettons par conséquent les ordres suivants de roches, en les considérant d'après leur mode de formation :

A. Roches cristallines de refroidissement ;
B. R. sédimentaires provenant de détritus des autres altérés ou non, et terreuses, plus rarement cristallines ;
C. R. cristallisées en amas transversaux : 1° *Éruptives ;* 2° *Volcaniques ;*
D. R. sédimentaires redevenues cristallines :
  1° En totalité par métamorphisme ;
  2° En partie par l'introduction de ciments ou de matières étrangères ;
E. R. en filons, en amas ;
F. R. d'origine organique.

C'est en place surtout, et considérée dans son ensemble, qu'une roche apparaît avec tous ses caractères; c'est là seulement que l'on peut étudier sa position et son âge de formation relativement à celles qui l'entourent ; c'est là enfin que l'on puise des renseignements utiles, même sur sa composition minéralogique. Souvent, en effet, on lui trouvera dans certaine partie de sa masse l'apparence d'une pâte à éléments indistincts ; mais si on l'étudie dans tout son développement, l'on verra sur quelques points ses éléments essentiels s'isoler les uns des autres avec des dimensions plus grandes et des caractères plus faciles à reconnaître.

CHAPITRE II

STRUCTURE CRISTALLINE OU GRENUE

Granitoïde. — Dans certaines masses les éléments sont tous discernables individuellement, à peu près de même grosseur et associés pêle-mêle, sans ordre apparent. On dit, dans ce cas, que la masse a une *structure grenue.*

Tantôt on peut reconnaître les éléments à l'œil nu ou à la loupe; la structure est dite alors *phanérogène*. On peut citer comme types de structure phanérogène les granites, diorites, dolérites, gabbros, etc.

Tantôt les éléments deviennent tellement petits, qu'on ne peut plus les distinguer les uns des autres qu'au microscope, et souvent à de forts grossissements. Les roches sont appelées *adélogènes*. Souvent une partie

de ces éléments microscopiques se rassemble çà et là au milieu du pêle-mêle général, en cristaux distincts sans le secours d'instruments, et la roche est dite *porphyroïde*. Tels sont certains granites porphyroïdes et un plus grand nombre de phorphyres quartzifères.

Structure pegmatoïde. — Ce nom est donné par plusieurs auteurs à un arrangement régulier que les éléments présentent les uns par rapport aux autres (exemple : la Pegmatite graphique). On peut y observer les mêmes distinctions en roches phanérogènes et adélogènes que dans celles à structure grenue.

CHAPITRE III

STRUCTURE DEMI-CRISTALLINE

La plus grande Partie des Porphyres et des Trachytes.

La roche est un mélange irrégulier de parties cristallines phanérogènes ou adélogènes, et de parties amorphes, c'est-à-dire qu'on ne peut résoudre en éléments distincts aux grossissements les plus forts des microscopes actuels. Au sein de la masse que forment ensemble ces deux parties, on voit dans les *Porphyres* se dessiner les contours polygonaux de parties cristallisées d'un volume quelquefois relativement considérable (fig. 99).

D'après M. Zirkel, la substance amorphe ne doit pas être considérée comme un mélange des éléments de la roche devenus assez petits pour être indiscernables aux meilleurs instruments ; c'est une matière spéciale,

sui generis. Tantôt c'est un verre pur, monoréfringent, de couleur claire ou foncée, empâtant çà et là des microlithes qui, eux, sont des éléments proprement dits de la masse. Celle-ci a quelquefois dans la cassure un éclat intermédiaire entre le chatoyant et le résineux, mais ordinairement rien n'y décèle la pâte vitreuse qu'elle renferme.

C'est aux différentes natures basiques ou acides de cette pâte vitreuse qu'il faut attribuer la prise en gelée partielle des roches basiques ou l'excès de silice des

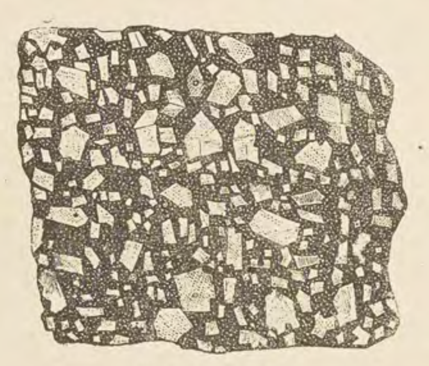


Fig 99. — Porphyre.

trachytes quartzifères, qui dépasse la teneur normale de la sanidine contenue dans ces roches, et qu'on ne serait pas davantage en droit d'y expliquer par un mélange de quartz très fin, puisqu'on n'a jamais pu l'apercevoir (1).

(1) Zirkel. *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 1868. 709.

Quelquefois la substance amorphe est un verre en partie dévitrifiée. Ordinairement, dans ce cas, elle a la forme de petits grains arrondis, ovoïdes, d'un brun jaunâtre, atteignant au plus 0mm 005 de diamètre, entassés les uns sur les autres (globulites formant les cristallites de Vogelsang), quelquefois aciculaires (longulites), et remplissant généralement les vides laissés par les éléments cristallisés de la roche; c'est ce qu'on observe surtout dans les basaltes et les laves, les mélaphyres, les trachytes.

Dans certaines variétés l'aspect change : sur un fond gris bleuâtre ou bleu grisâtre se détachent en plus ou moins grand nombre des trichites, des aiguilles minces, droites ou courbes, formant parfois des cercles, analogues à celles des roches vitreuses, terminées en massues ou en pointes, jaunâtres ou brunâtres, rappelant les dispositions qu'on appelle *tricotées* ou *dendritiques*, ou bien la dévitrification est plus complète. Dans un grand nombre d'anamésites, de basaltes et de porphyres augitiques, ce sont des petites aiguilles mêlées à des grains, toujours sans parenté avec les éléments de la roche mêlés aux granules dont il a été question plus haut, constituant des petites masses interposées entre les éléments à structure cristalline et sujettes à des transformations qui donnent lieu d'abord à une texture fibreuse, et enfin à des anneaux concentriques complets ou non qu'on observe, comme la substance primitive entre les bandelettes des feldspaths, de l'augite ou de la hornblende, et qui agissent sur la lumière polarisée. Enfin, dans les porphyres feldspathiques et les liparites, la substance amorphe consiste en grains ou fibres indéterminées, qui, entre deux nicols en croix,

jettent une lueur vague, variable d'une direction à une autre comme des veines colorées dans les marbres. Elle occupe de petites régions isolées (liparites et porphyres quartzifères).

Structure sphérolithique. — Elle tient à la forme de ses éléments essentiels. (Voir Perlites, etc.)

Structure fluidale. — On voit dans beaucoup de roches vitreuses, souvent aussi dans les porphyriques et même dans les roches à structure grenue, surtout dans celles à éléments très fins, les éléments se disposer suivant une direction générale. Dans les laves, les cristaux allongés s'alignent à la file les uns des autres dans le sens de l'écoulement. Dans les roches vitreuses proprement dites, les microlithes s'arrangent ainsi en lignes parallèles ou divergentes qui contournent des cristaux plus volumineux. On a comparé cette disposition au pêle-mêle des troncs d'arbres emportés par un courant, et la structure a été appelée *fluidale*. Nous ne croyons pas qu'on puisse expliquer cette structure dans un grand nombre de roches par un écoulement analogue à celui d'une rivière. Nous pensons qu'une pression extérieure a dû intervenir.

CHAPITRE IV

STRUCTURE SCHISTEUSE

Un assez grand nombre de roches, les unes entièrement, les autres plus ou moins partiellement cristallines, ont une structure qu'on appelle *schisteuse*. Le type de ces roches est l'ardoise, qu'on peut diviser en feuillets minces et légers, mais solides et tenaces, et

qu'on emploie à couvrir les toits. Cette agrégation des parties dans une direction plane particulière n'a pas échappé aux plus anciens observateurs, et, dans des nomenclatures déjà très vieilles, on trouve le mot de *schiste* désignant des masses douées de cette structure.

Dans l'essai « sur la structure des grandes masses minérales (1) », Sedgwick a le premier distingué les uns des autres les plans de séparation qui sillonnent les roches dans des directions souvent si régulières. Il a reconnu que les fentes visibles qu'on appelle *joints* et qui divisent des masses considérables, telles que les granites du mont Perdu, en blocs à forme de prismes rhomboïdaux, n'existent que là où on les voit, et qu'on ne peut les confondre avec cette fissilité des schistes qui conserve généralement, par exemple, dans la partie nord du pays de Galles, une direction constante sur de grandes étendues, à travers des

Fig. 100. — Coupe dans les grès et schistes cristallins du nord du pays de Galles, par Sedgwick.

(1) *Transactions of the geological Society of London. — Second series, vol. III* (1829).

bancs de composition minéralogique très différente et sans cesse ployés ou même contournés quelquefois de la façon la plus bizarre.

La figure 100 est la copie d'un des nombreux exemples que Sedgwick a publiés dans son mémoire cité plus haut.

Les lignes épaisses y représentent les bancs, et les lignes minces la direction toujours la même de la fissilité. Près du milieu de la coupe, on remarque un plan de flexion des bancs. Sur l'axe anticlinal, où se rencontrent les parties élevées des bancs du milieu de la coupe, se trouve un grès quartzeux, dur, flanqué à droite et à gauche de schistes cristallins. La fissilité ou clivage de la roche garde partout la même direction, en plongeant presque au nord-ouest.

Comme la fissilité ou clivage, les joints gardent leur direction en passant du granite aux schistes. En 1843, John Phillips a vérifié la justesse des observations de Sedgwick; il a, en outre, signalé la déformation des coquilles minces et des trilobites que renferment les schistes; la déformation semble y résulter, disait-il, d'un mouvement d'étirage des particules de la roche le long du plan de fissilité ou de clivage. La figure 101 montre une ammonite ainsi déprimée. Elle nous a été communiquée par notre confrère et ami M. Pellat, qui l'a recueillie dans les calcaires schisteux liasiques des rives du Bréda, à Allevard (Isère).

Le plan suivant lequel a eu lieu la compression de ce fossile est parallèle à celui du clivage général de ces schistes.

Poursuivant ces observations commencées avec tant de bonheur, Sharpe est arrivé à conclure que « les

formes tordues actuelles des coquilles, au milieu de plusieurs roches schisteuses, en Angleterre », peuvent s'expliquer par la supposition que ces roches avaient subi une compression perpendiculaire à la direction plane du clivage, et une expansion correspondante suivant le sens deplongement de ce plan.

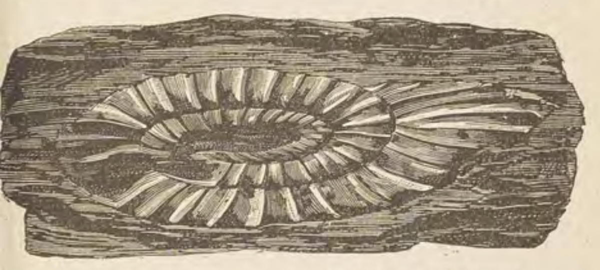


Fig. 101. — Ammonite comprimé dans le Calcaire d'Allevard.

En 1853, serrant de plus près cette question, Sorby a remarqué, comme Sharpe, l'allongement opéré suivant la ligne de plongement du clivage, dont la direction générale est perpendiculaire à celle de la pression; il vit de plus que, dans certains schistes où le mica se montre en nombreuses lamelles cristallines, ces lamelles sont presque toujours disposées suivant le plan de clivage; il fit alors une expérience devenue célèbre : il comprima un mélange d'oligiste et de terre à pipe molle, et la structure schisteuse s'y manifesta en même temps que les lamelles d'oligiste s'y étendaient le long des feuillets.

Plus tard, John Tyndall communiqua la structure de l'ardoise à des matières qu'il soumettait à la fois à l'action de la pression et à celle d'une sorte de laminage.

A plusieurs reprises, on a signalé en France, dans des roches d'origine évidemment sédentaires, les différences d'inclinaisons et de directions des couches ou plans du dépôt et de la fissilité qui s'y était produite sous l'influence d'actions extérieures. En 1842, dans leur *Statistique minéralogique et géologique du département des Ardennes*, Sauvage et Buvignier en ont cité des cas nombreux. Ils y ont ajouté cette remarque importante que les couches et les feuillets sont les seules inclinaisons apparentes, mais qu'il y a dans beaucoup de bancs exploités pour la fabrication des ardoises, à Fumay par exemple, une seconde direction plane, de séparation facile, qui ne se voit pas, mais que les ouvriers connaissent, qu'ils mettent à profit et qu'ils appellent le *longrain*.

En 1845, la *Description géologique du département de Maine-et-Loire*, par Cacarrié, nous apprend que les schistes d'Angers sont aussi divisés ou divisibles dans plusieurs directions.

C'est d'abord un feuilletage incliné en sens contraire de la veine et dévié par rapport à elle de 10° à la Paperie, de 20° aux Fresnays.

Puis une seconde division oblique au feuilletage donne à la roche une disposition fibreuse. Les ouvriers appellent *érusses* les cassures qu'elle produit. Enfin les bancs sont parcourus encore par des fissures diverses, les unes perpendiculaires aux plans des feuillets, *chefs*, les autres obliques et irrégulières appelées *chauves* ou *délits*.

M. Daubrée a repris d'un bout à l'autre ce problème. D'une première série d'expériences il a conclu que, pour acquérir la schistosité, l'argile doit s'étendre

par un commencement de laminage. Il a vu que les bélemnites, corps allongés, résistants, se couchent dans le plan de la schistosité, qu'ils y subissent un étirement, et que la roche tout entière participe à cet étirement, comme le montrent ses fissures injectées souvent de substances étrangères.

La figure 102 montre une bélemnite séparée en tronçons par l'étirement; les fentes sont remplies de calcaire spathique.

Dans une autre série d'expériences, M. Daubrée a

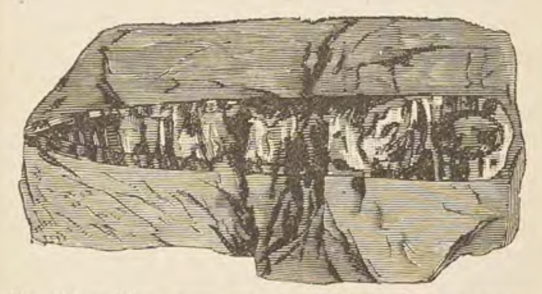


Fig. 102. — Bélemnite tronçonnée dans le Calcaire de Bourg-d'Oisans.

étendu le champ ouvert par les essais de Hall. Nous ne pourrions transcrire ici les mémoires du savant directeur de l'École des Mines, condensés du reste dans son ouvrage intitulé : « *Études synthétiques de géologie expérimentale* ». — Paris, 1881.

Mais nous ne saurions nous dispenser d'en présenter en quelques mots les principaux résultats.

En soumettant à des pressions horizontales des matières plastiques sur lesquelles agissaient en même temps des pressions verticales supérieures aux pre-

mières, il a vu se produire dans la matière comprimée des inflexions.

La coupe de ces inflexions est une ligne sinusoïdale, ou, en termes géologiques, une série de lignes *synclinales* et *anticlinales*, lorsque les pressions verticales sont homogènes. Elle rappelle le renversement de certaines couches des Alpes ou d'autres régions tourmentées par les mouvements du globe, lorsque la pression verticale n'est pas constante en tous les points de la masse sur laquelle elle agit, ou que celle-ci n'a pas partout la même section.

Puis, frappé comme Sedgwick, comme Phillips et plus récemment M. William King, de la constance avec laquelle se maintient la direction des joints sur de grandes étendues, M. Daubrée a rattaché ces joints aux failles, dont elles ne se distinguent guère que par l'absence des rejets. En général, dans une faille, les deux portions d'une couche qu'elle sépare ne restent pas au même niveau horizontal, tandis que les deux parois d'un même joint ne s'écartent pas verticalement, d'ordinaire, l'un par rapport à l'autre. Phillips avait déjà observé que les joints ont dans le Yorkshire deux directions dominantes rectangulaires entre elles. M. Daubrée, de son côté, avait vu que dans les Vosges, et en particulier dans les escarpements qui forment le sommet du Schneeberg, ces joints coupent en deux les cailloux de quartz ou de porphyre. Il soumit différentes matières dures, et particulièrement des lames de glace à une forte torsion. Il les encastrait solidement par un bout et les tordait à l'autre au moyen d'un tourne-à-gauche. Ces lames de verre montrent, après leur torsion, une sorte de réseau de fêlures en lignes à peu près droites

ou en éventails aigus sensiblement parallèles entre eux et à deux directions conjuguées, imitant les systèmes de joints qui sillonnent les roches dans la nature.

Enfin, M. Daubrée a observé des relations entre la direction des grandes cassures du globe qui ont produit non seulement les failles, mais encore les vallées, dans une région et la direction des joints, surtout avec la bissectrice de l'angle que forment les directions conjuguées de ces fentes qu'il appelle *Diaclases*, tandis qu'il donne le nom de *Paracloses* aux failles ou fissures accompagnées du rejet, c'est-à-dire du déplacement relatif des deux portions des mêmes couches séparées l'une de l'autre par la cassure.

Relations des Propriétés thermiques des Roches schisteuses et de leur Structure. — Nous venions de publier en 1872 un mémoire cité plus haut, où nous avions démontré qu'en général les corps cristallisés conduisent moins bien la chaleur dans la direction perpendiculaire que dans les directions parallèles à leurs plans de clivage. Nous avons alors pensé que si la schistosité des roches était assimilable à un clivage, elle serait soumise à la même loi.

L'expérience nous a montré qu'en effet la schistosité proprement dite, celle dont les ardoises offrent le véritable type, se comporte absolument comme les clivages des minéraux vis-à-vis de la chaleur. Si l'on recouvre de graisse une section faite dans une ardoise perpendiculairement à son plan de clivage, et qu'on échauffe un point de cette section, la courbe que dessine le bourrelet formé par la graisse fondue après son refroidissement est une ellipse, dont le grand axe est toujours parallèle et le petit perpendiculaire, par con-

séquent, à la direction de la schistosité. En mesurant la longueur de ces axes, on voit que le grand axe est au petit dans les rapports de 1,8 ou quelquefois 2 à 1 dans les ardoises de Fumay et de Rimogne (Ardennes). Nous avons examiné un nombre considérable de ces roches qu'on appelle ardoises et qui sont d'âges bien différents. Les précédentes étaient siluriennes ; dans les ardoises nummulitiques de Villars-Gondran et de Saint-Julien en Maurienne, le rapport est de 1,6 ; dans celles de Vénosc (Isère), qui sont probablement houillères, il est d'environ 2 ; dans celles du Bourg-d'Oisans, qui sont liasiques, il s'abaisse à 1,4 ; mais celles-ci sont calcarifères.

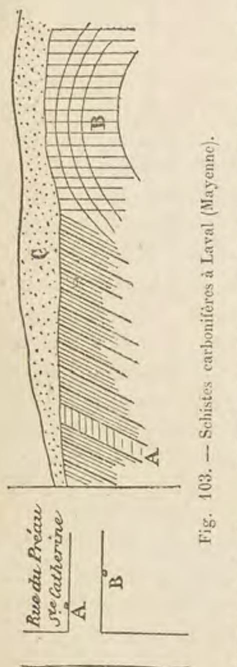


Fig. 103. — Schistes carbonifères à Laval (Mayenne).

Nous avons observé, M. Œhlert et moi, un bel exemple de schistosité indépendant de la stratification, rue du Préau-Sainte-Catherine, à Laval (Mayenne). Quand on regarde la rue d'Ernée, on observe à sa gauche des schistes carbonifères redressés presque verticalement. Un peu au delà en B se dressent les bancs inférieurs qui forment une sorte de voûte divisée en feuillets verticaux. Le grand axe de la courbe isothermique est toujours parallèle à la schistosité (fig. 103).

Influence de la composition minéralogique. — Nous avons comparé les degrés de schistosité que des roches de composition différente ont pu acquérir sous l'action de la même pression. Nous devons à l'excursion extraordinaire de la Société géologique de France faite aux



Fig. 104. — Vue du Massif calcaire des Environs de la Paute (Isère).

environs de Grenoble sous la présidence de M. Lory, en 1881, une coupe qui nous a permis cette recherche. Nous avons indiqué dans notre dessin (fig. 104) la posi-

tion des échantillons qui ont servi à nos expériences.

Le massif dans lequel elle est prise domine la Lignarre, qui coule à peu de distance en avant de sa base, et la route de Grenoble à Bourg-d'Oisans, qui le longe sur son flanc droit. L'escarpement qui la fournit s'élève devant l'observateur à quelques centaines de

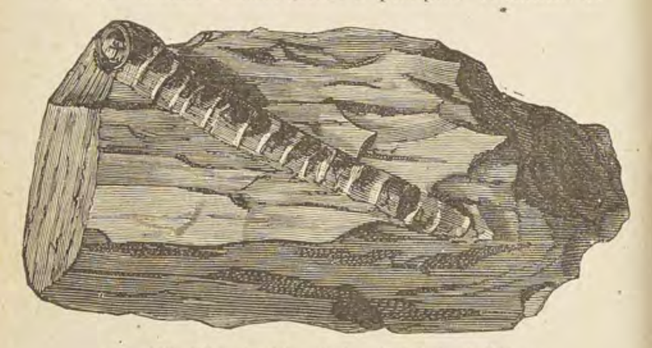


Fig. 105. Bélemnite déformée dans le Calcaire de l'Oisans.

mètres du village de la Paute. On voitqu'il est formé de bancs tous contournés à la fois et tous striés ensemble par les traces de plans de clivage verticaux presque perpendiculaires à la section pratiquée dans le massif par son escarpement. La section va de l'est (à gauche) à l'ouest (à droite). Les plans de clivage se dirigent du nord un peu est vers le sud un peu ouest. Ces bancs sont tous des calcaires plus ou moins argilifères.

On trouve de temps à autre des fossiles dans ces couches. M. Schlumberger nous a confié une bélemnite qui en provient et qui s'est courbée légèrement sous l'influence de la pression (fig. 105). Dans des

bancs de calcaire argileux ou mieux de marne assez schisteuse pour qu'on y ait ouvert une carrière d'ardoise, nous avons trouvé quelques lits parallèles, riches en petites bélemnites très bien conservées, toutes inclinées à environ 15° de la ligne de plus grande pente du plan de schistosité.

Les bancs qui composent ce grand massif sont des calcaires plus ou moins argilifères. En F et en D, ces calcaires, qui paraissent appartenir à un même banc plusieurs fois replié, contiennent environ 35 % d'argile. Sur un plan perpendiculaire à la schistosité, les axes de l'ellipse isothermique sont dans le rapport de 1,3 à 1. Les bancs H, A, qui ne contiennent que de 6 à 10 % de calcaire, donnent des grands axes de 1,06 à 1,08, le petit étant pris pour unité.

Les ardoises dont nous avons parlé plus haut renferment de 45 à 50 % d'argile; ce sont elles qui nous ont donné 1,4 pour rapport des axes de l'ellipse isothermique. A Vénosc, il n'y a guère que 2 à 3 % de calcaire, et le rapport des axes dépasse 2.

Expériences. — Grâce à l'obligeance de M. Lebastard, chef du service des essais mécaniques à la Compagnie du chemin de fer P.-L.-M., nous avons pu, avec la collaboration de MM. Neel, directeur des essais, et Clermont, ingénieur attaché au même service, commencer de nouvelles expériences, en employant des machines qui permettent d'exercer sur les matières soumises aux recherches des pressions de 6 à 8000 kilos par centimètre carré.

De la poudre de gants (stéatite) a reformé une masse assez solide pour se laisser tailler en plaque perpendiculairement à la surface sur laquelle avait agi le

compresseur. La courbe isothermique produite sur cette section a son grand axe, comme sa schistosité, perpendiculaire à la pression, ou, si l'on préfère, parallèle à la surface du piston qui exerçait cette pression. Pour 4000 atmosphères, le grand axe était trois fois plus grand que le petit. Du graphite pulvérisé nous a fourni dans les mêmes conditions le rapport 2,7; de l'argile sèche finement porphyrisée, le rapport 1,1. La craie, le marbre, le chlorure de sodium et la plupart des poudres chimiques n'ont donné que des cercles. A 8000 atmosphères de pression nous avons obtenu un rapport d'axes 1,24 avec l'argile pure; 1,15 avec un mélange de quatre argile et un calcaire, 1,1 avec un mélange de trois argile et deux calcaire, 1,06 lorsque nous mêlions deux argile et trois calcaire; la courbe est à peu près circulaire au dessous de cette proportion d'argile. Lorsqu'on fait usage d'argile molle, la pression a beaucoup plus d'influence.

Les métaux pulvérisés (cuivre, étain, zinc, etc.) forment à des pressions élevées des agrégations assez solides pour être limées, sciées, toujours schisteuses, bien que la plupart d'entre eux appartiennent au système cubique. L'étain et quelques métaux sont assez plastiques pour acquérir, même en masses, une structure schisteuse.

Influence de la Pression sur les Courbes isothermiques. — L'expérience montre que dans l'argile sèche et pure, le rapport des axes de ces courbes est 1,24 pour une pression de 8000 atmosphères, 1,1 pour une pression de 4000; il est de 1,034 lorsque la pression est de 2000 kilos par centimètre carré.

Connexions du Longrain et des Axes des mêmes Courbes.

— Sur les feuillets mêmes des roches schisteuses, comme l'ont dit Sauvage et Buvignier, on observe une direction de division plus facile.

Cette direction est utilisée par les ouvriers dans les ardoises de tous les âges et de toutes les régions sur lesquelles nous avons pu avoir des renseignements précis.

Nous avons visité un assez grand nombre de carrières d'ardoises, et nous y avons constamment rencontré deux directions planes de séparation facile, tout à fait comparables aux clivages des minéraux,

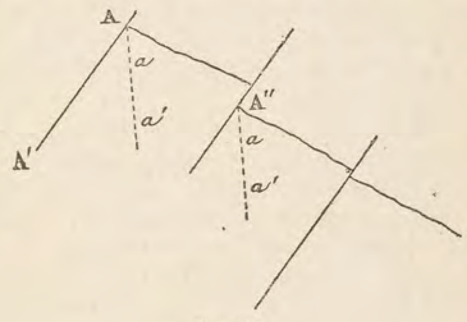


Fig. 106.

qui font entre elles des angles de 60 à 90°, et qu'on peut désigner, comme dans les espèces minérales, par les dénominations de *premier* et de *second clivage*, suivant leur ordre de netteté et de facilité. Le premier est la *schistosité* ou *clivage* des géologues; le second est le *longrain* (longrain), long, fil des ouvriers qui exploitent l'ardoise.

La figure 106 est une coupe grossière d'une partie des ardoisières du Petit-Carreau, à Angers. Or, ce lon-

grain se conserve comme la schistosité avec une direction constante jusqu'à de grandes distances.

Souvent, il est vrai, rien n'en révèle extérieurement l'existence; des traînées de cristaux épars de pyrite dans les ardoises siluriennes de l'Ardenne et d'Angers, une structure plus ou moins fibreuse dans celles du lias de la Savoie et de l'Oisans, sont des indices souvent pénibles à suivre de cette seconde direction de fissilité. On est aidé quelquefois dans cette recherche par l'œil exercé des ouvriers; mais il y a bien des roches schisteuses qui ne sont pas exploitées, qui ne mériteraient pas de l'être, et les exploitations elles-mêmes n'intéressent en général que de petites étendues.

La conductibilité calorifique permet toujours d'en trouver la direction. La chaleur se propage avec une facilité plus grande suivant la trace du longrain que suivant les autres directions sur le plan de la schistosité. La figure 107 représente un petit parallélipipède ayant sa base supérieure ABCD parallèle à la schistosité ou clivage facile, ses deux pans CDEF, BDF perpendiculaires à la base, et l'un de ces derniers (CDEF) perpendiculaire, l'autre (BDF) parallèle au longrain. Sur la face CDF

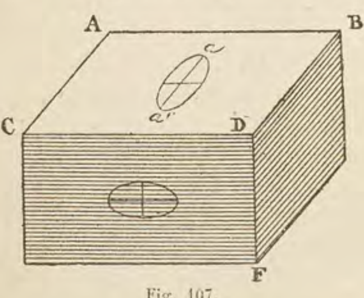


Fig. 107.

on voit une ellipse isothermique dont le grand axe est parallèle à la trace du clivage facile.

On a pu lire plus haut un nombre suffisant de rapports d'axes de ces courbes sur le plan perpendiculaire à la schistosité ou, si l'on veut, sur la tranche de la roche, en la comparant à un livre. Mais le plan de la schistosité lui-même donne une ellipse pour courbe isothermique, et le grand axe de cette courbe est parallèle au longrain. L'excentricité de l'ellipse n'est pas considérable. Le grand axe parallèle au longrain vaut 1,06 ; 1,1 ; quelquefois 1,2, en prenant pour unité le petit axe perpendiculaire à la même direction.

Sur la base de ces prismes rhomboïdaux qui divisent pour ainsi dire, comme l'a dit M. William King, les roches en gros cristaux, nous avons toujours obtenu de même une ellipse, et cette courbe a le plus souvent son grand axe parallèle à la bissectrice aiguë du parallélogramme qui sert de base au prisme et qui est généralement le plan du clivage le plus facile

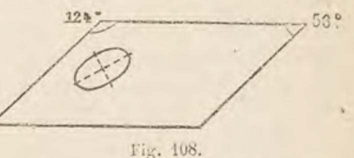


Fig. 108.

(fig. 108). On remarquera la coïncidence qu'il y a entre la propriété thermique de cette bissectrice aiguë et sa direction souvent parallèle, d'après M. Daubrée, à celle des vallées.

Remarque. — Nous ne saurions assurément regarder la forme en prismes comme réellement cristalline, celle-ci résultant pour les cristaux de la propriété que possèdent leurs particules élémentaires de s'orienter d'elles-mêmes les unes par rapport aux autres ; tandis

que, dans les roches, les formes géométriques dont nous parlons leur sont imposées par des actions extérieures.

Reproduction du longrain. — Nous avons comprimé de l'argile contenant encore de l'eau de carrière entre les parois d'une boîte ayant la forme d'un tiroir haut et ouvert, dont le devant mobile était rapproché, par une pression horizontale de 50,000 kilogrammes, de son fond qui demeurait fixe, ainsi que ses parois latérales : l'argile s'est étalée ; elle est venue buter contre les parois ; elle s'est portée vers la partie ouverte. Epais de 9 à 10 centimètres, le bloc qu'elle formait a été réduit à 8 ou 9 millimètres d'épaisseur; mais, par contre, il avait une surface beaucoup plus étendue parallèlement au piston, à la fin qu'au début de l'expérience. Les courbes isothermiques indiquent sur cette surface un longrain parallèle à la direction que suivait l'argile en s'extravasant, en s'écoulant pour ainsi dire hors de la boîte sous l'influence de la pression.

Ces courbes pouvaient seules mettre en évidence le longrain qui avait échappé aux premiers expérimentateurs dans leurs essais de reproduction de la schistosité. Dans plusieurs de nos expériences, il est vrai, les deux faces des plaques étaient marquées de stries parallèles à la direction d'écoulement et analogues à celles de beaucoup de schistes naturels.

CHAPITRE V

CLASSIFICATION DES ROCHES

Avant tout, on doit se poser cette double question : Existe-t-il des roches qu'on puisse dire de même

espèce, et quels seraient, dans ce cas, les caractères qu'on appellerait spécifiques? L'espèce minérale est constituée par un individu dont la composition chimique est définie, et dont la structure lui est propre. Mais les roches sont des mélanges de matières réunies par des causes qui leur sont étrangères.

L'énorme portée dans l'espace et dans le temps de ces agents extérieurs donne une homogénéité saisissante à un grand nombre des masses du globe, et, par exemple, aux éruptions de laves et de basaltes, ou à tant de dépôts marins, tels que ceux de la craie blanche, le niveau des schistes bitumineux du parmien où les écailles des poissons se trouvent uniformément épigénisées en minerais de cuivre, et beaucoup d'autres. Combien de fois arrive-t-il au géologue de trouver monotone toute une grande région!

Il est donc naturel de réunir, sous le même nom, des masses aussi semblables, et l'on peut dire que les membres d'un pareil groupe sont *de même espèce*, en n'attachant à ce mot qu'un sens conventionnel.

Pour classer les roches, nous nous sommes placé d'abord au point de vue minéralogique et nous avons réuni en un premier groupe général, que nous avons appelé *ordre*, celles qui sont formées de silicates; nous avons ensuite admis les ordres des carbonates, azotates, phosphates, etc. L'ensemble de ces groupes correspondrait en minéralogie à la classe des *pierres*. Puis viennent la classe des *roches métalliques* et celle des *roches combustibles*.

Pour subdiviser les groupes salins ou métalliques, il n'est pas besoin de recourir à des considérations étrangères à la minéralogie. Il n'en est pas de même

de celui des silicates. Si les autres matières venaient à disparaître, à coup sûr ce serait une grande privation pour nous qui avons appris à nous en servir ; mais, malgré les trous périlleux qui en résulteraient, l'ossature générale de notre planète garderait ses grandes lignes. En outre, c'est surtout dans l'étude de la structure et de la disposition relative de ces roches que nous trouvons les traces des évolutions successives du globe. Nous sommes donc obligés de tenir compte, à la fois, des données de la minéralogie et de celles de la géologie.

Les premières nous ont fourni le sujet d'une première subdivision. Les roches de l'ordre des silicates étant généralement un mélange de plusieurs espèces minérales, nous avons eu égard à ce fait que, parmi ces espèces, il y en a généralement une assez caractéristique par son abondance et ses propriétés, pour donner aux masses dont elle fait partie un certain air de famille. C'est dans ce sens que nous avons admis des roches feldspathiques, amphiboliques, pyroxéniques, diallagiques, talqueuses, micacées. Cela ne veut pas dire que l'élément qu'on peut appeler *dominateur* soit le seul essentiel. Nous appellerons *éléments essentiels* d'une roche ceux qui doivent toujours s'y rencontrer. Il faut, par exemple, qu'une *ophitone* ou diabase soit composée d'un plagioclase (feldspath) et d'augite ; si la hornblende y prenait la place de l'augite, elle serait classée parmi les *diorites*. Mais, dans l'ophitone comme dans le diorite, on peut rencontrer, comme *élément accessoire*, de la chlorite résultant d'une transformation de l'augite ou de la hornblende, postérieure par conséquent à la constitution primitive de la roche. Enfin, il

y a des éléments *accidentels* qu'on ne rencontre que çà et là en proportions très variables.

Pour qu'un assemblage d'augite et de plagioclase soit appelé ophitone ou diabase, il est encore nécessaire qu'il soit entièrement grenu, qu'on puisse en distinguer les éléments au moins au microscope, sans quoi il prendrait rang parmi les porphyres. La structure est un nouveau caractère qui permet d'établir de nouvelles subdivisions. Nous distinguerons, dans cet ordre d'idées, les types *granitoïde*, à structure grenue; *porphyrique*, dont certains éléments sont restés ensemble à l'état de magma confus, nébuleux, qu'on appelle *pétrosiliceux*, pendant que d'autres se sont séparés de la masse à l'état de cristaux isolés; *trachitique*, où un grand nombre des éléments demeurent sous la forme de microlithes, petits prismes allongés, minces, dont les extrémités n'ont pas acquis la forme cristalline; *vitreux*, dont la masse amorphe n'est cristallisée plus ou moins partiellement que par suite de sa dévitrification postérieure; *schisteux*, caractérisé par le peu de cohésion des feuillets dont se composent les masses douées de cette structure.

Ordinairement, des roches appelées massives ou éruptives, qui appartiennent aux quatre premiers types on sépare celles qui ont la structure schisteuse, et qui sont théoriquement, en général, des modifications, soit des précédentes, soit de dépôts sédimentaires. Telles qu'elles nous apparaissent aujourd'hui, ce sont, dans tous les cas, des roches cristallines. La cause qui a disposé leurs éléments à la cristallisation est affaire de théorie. Aussi avons-nous jugé prudent de classer provisoirement les roches schisteuses, comme les

porphyriques, à la suite de celles à structure grenue de même composition minéralogique.

Enfin, pour que des roches reçoivent la même dénomination, elles sont assujetties par les auteurs modernes à une condition de plus : elles doivent appartenir à une même grande époque de l'évolution du globe terrestre; elles doivent être ou *anciennes*, c'est-à-dire antérieures à l'âge tertiaire, ou *jeunes*, c'est-à-dire aussi ou plus nouvelles que cet âge.

C'est ainsi qu'on nomme *Dolérites* les roches dites *jeunes*, qui ont la même structure et la même composition que les ophitones dites anciennes.

Nous commencerons l'exposé qui va suivre de la composition et des propriétés des roches par celles que nous avons appelées silicatées ; mais, pour éviter les redites et les renvois, nous ferons précéder cette étude de celle des silicates, qui en sont les éléments.

CHAPITRE VI

DE LA DÉTERMINATION DES ÉLÉMENTS DES ROCHES

En général, on cherche d'abord si une roche peut être du premier coup classée parmi les pierres, les métaux, ou les masses combustibles. La densité ou poids d'une certaine quantité prise dans la main, l'éclat donnent déjà de premiers indices ; si elle est métallique, on essaie son action sur un barreau aimanté, en même temps que la couleur de sa poussière. Quelques essais au chalumeau permettent de

déterminer rapidement la nature du métal. Nous ne pourrions faire entrer dans cet ouvrage un traité sur l'analyse au chalumeau ; nous indiquerons celui de Kerl (1), traduit par nous avec de nombreuses additions.

Lorsque la roche a le facies pierreux, on essaie la dureté de ses parties au moyen de l'ongle ; le gypse, les matières talqueuses ou argileuses peuvent seules être rayées ; puis on les attaque avec de l'acide chlorydrique ou azotique dont on mouille le bout d'une tige de verre pointue. Le calcaire et les carbonates font effervescence à froid ou à chaud dans les acides. On cherche à reconnaître la structure de la roche à l'aide de la loupe ou de plus forts grossissements ; on voit si elle est grenue, à grains grossiers ou fins, tout à fait compacte, porphyroïde ou porphyrique, vitreuse, schisteuse, d'aspect terreux. On essaie de la pointe d'un burin. On verra que les éléments d'une roche rayés par la pointe d'un burin offrent les caractères des sulfates, ou des phosphates, etc. (Voir à la fin du volume la détermination pratique). S'ils ne sont pas rayés on cherchera leur fusibilité ; le quartz est infusible; le feldspath ne l'est qu'en fines esquilles; l'amphibole, le pyroxène sont plus faiblement fusibles. On examinera aussi la couleur des éléments qu'on appelle noirs (Mica, Amphibole, Pyroxène, Hyperstène), ou simplement colorés (les mêmes et, en plus, Péridot, Serpentine, Diallage).

Les éléments colorés sont, en général, caractéris-

(1) *Le Chalumeau*, traduction libre du traité de Kerl, par Ed. Jannetaz (J. Rothschild, éditeur, 1876). Prix 3 fr. 50.

tiques; pour les déterminer, il faut les isoler avec soin ; on distinguera souvent ainsi les lamelles flexibles et élastiques de mica d'avec les prismes rigides d'amphibole ou de hornblende, qui se distinguent entre eux par leurs angles. Enfin, on a recours à l'observation des sections minces.

Mais tous ces essais, toutes ces observations ont souvent besoin d'être confirmés par l'analyse chimique. Il ne peut entrer dans notre cadre même de résumer les méthodes si bien exposées dans une foule de traités spéciaux. En décrivant chacune des espèces minérales qui entrent dans la composition des roches nous avons indiqué les principaux essais chimiques à l'aide desquels on peut la distinguer. Nous croyons devoir indiquer seulement la préparation mécanique qui doit précéder une analyse de roche, et sur laquelle repose la certitude des résultats. Ceux-ci ne peuvent être qu'illusoires si le triage n'a pas été rigoureux. L'analyse d'une roche en bloc est suffisante, si cette roche ne contient qu'un élément et qu'elle soit pure : c'est fort rare. Le plus souvent, deux ou plusieurs éléments se trouvent plus ou moins intimement mélangés.

Pour les séparer, il faut d'abord casser la masse en fragments auxquels on fait traverser ensuite des séries de tamis à mailles de $0^{mm}1$ et au dessous. M. Fouqué conseille 1^{mm}, $0^{mm}3$ et $0^{mm}2$ comme largeur de mailles. On examine les différentes poudres avec une loupe montée après les avoir étalées sur des papiers dont les couleurs contrastent avec celles des matières qu'on y observe. Cordier a le premier utilisé des barreaux aimantés pour séparer des basaltes l'oxyde de fer qu'ils contiennent. Delesse a plus tard employé de gros

éléments pour séparer les éléments ferrifères de ceux sur lesquels le magnétisme est sans action. M. Fouqué se sert avec avantage d'un électro-aimant qui attire certaines parties des poudres plutôt que d'autres. Deux ou trois éléments suffisent pour le pyroxène, l'amphibole, le péridot ; il en faut sept ou huit pour les minéraux pauvres en fer.

Souvent on attaque la poudre par les acides, qui enlèvent certains de leurs éléments sans toucher aux autres. L'acide fluorhydrique a été employé ainsi avec succès par M. Fouqué pour séparer les uns des autres les éléments des laves de santorin. L'acide fluorhydrique concentré doit être manié, comme on sait, avec les plus grandes précautions. L'opération se fait dans une capsule de platine. L'acide fluorhydrique attaque d'abord les silicates amorphes, puis les feldspaths, puis le quartz cristallisé, et enfin les silicates ferrugineux ; on l'emploie à froid en y jetant peu à peu la poudre pour ne pas donner lieu à une trop vive effervescence. Après une demi-heure d'action, on lave ce mélange d'alumine et de silice gélatineuse avec les minéraux ferrugineux non attaqués (1).

Souvent on opère mécaniquement le triage. On fait couler les poudres dans un courant d'eau très lent sur un plan incliné ; elles se déposent par ordre de densité.

M. Thoulet a imaginé un petit appareil qui permet de recueillir des matières inégalement denses à différentes hauteurs dans un tube où l'on insuffle un fort courant d'eau (2).

(1) *Minéralogie micrographique* de MM. Fouqué et Michel Lévy, p. 116.
(2) *Id.*, p. 120.

Nous avons décrit p. 10 un appareil du même auteur fondé sur un autre procédé.

On a quelquefois à faire agir les acides sur les lames minces. Il faut alors chauffer ces lames à une température suffisante pour faire fondre le baume de Canada qui les empâte et enlever le baume au moyen de benzine.

DEUXIÈME LIVRE

DESCRIPTIONS DES ROCHES

ET DE

LEURS ÉLÉMENTS

PREMIÈRE PARTIE

ROCHES SILICATÉES ET LEURS ÉLÉMENTS

CHAPITRE PREMIER

SILICE ET SILICATES

SILICE.

L'on connaît la Silice dans la nature sous deux états isomériques très différents : 1° l'un est présenté par la silice insoluble dans les acides, et dans les dissolutions alcalines. Elle est toujours anhydre ; elle a pour densité 2,6, et la structure cristalline. C'est de cette Silice que sont faits le Quartz hyalin, les Agates, les Jaspes. 2° L'autre espèce de Silice contient presque toujours de l'eau, dont la proportion est quelquefois même assez considérable; elle a une densité de 2,2 au plus. C'est la matière des Opales. Toutes les variétés de Silice connues sont attaquables par l'acide fluorhydrique.

1° Quartz hyalin (cristal de roche). Acide silicique SiO^2, composé de siliçium 46,67' et oxygène 53,33.

Formes cristallines dominantes : le prisme hexago-

nal régulier (fig. 109), terminé par des pyramides à six faces, ou les faces des pyramides seules (dihexaèdres) (fig. 110). Les faces du prisme sont souvent marquées de stries horizontales ou transverses.



Fig. 109.

Angles d'une face de la pyramide et de la face adjacente du prisme : 141° 47'; angle des faces adjacentes du prisme : 120° ; angle de deux faces alternes d'une pyramide ou du rhomboèdre primitif : 94° 15'.

Le Quartz a pour dureté 7 ; il est plus dur que le Feldspath ; il est rayé par la Topaze. Il est soluble dans la potasse en fusion, lorsqu'il a été finement pulvérisé. Pur, il est incolore et limpide ; mais on le rencontre coloré en noir (quartz enfumé) par des matières bitumineuses ou charbonneuses ; en violet par du manganèse (*Améthyste*); en bleuâtre, en rose, en vert, par diverses matières; en rouge, en jaune, par des oxydes de fer. Dans les roches, il est ou incolore, ou d'un blanc grisâtre, parfois violacé ou enfumé; il a souvent l'aspect un peu gras, et toujours la cassure vitreuse. Il est infusible au chalumeau. Si on le chauffe avec du carbonate de soude, sur le char-

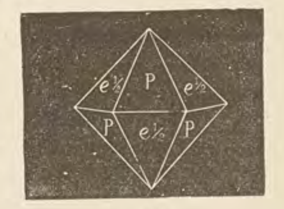


Fig. 110.

bon, il se produit un silicate de soude facilement fusible en perle transparente, et une vive effervescence occasionnée par l'acide carbonique et l'eau que dégage le carbonate. Chauffé dans une perle de sel de phosphore, un fragment de Quartz y tournoie sans subir aucune altération sensible. Le Quartz possède la propriété de faire tourner le plan de la lumière polarisée. Une lame d'un millimètre d'épaisseur exerce une rotation d'environ 21° sur le plan de la lumière jaune (flamme contenant du chlorure de sodium). Cette rotation est proportionnelle à l'épaisseur. Certains cristaux la déterminent de la droite vers la gauche; d'autres, de la gauche vers la droite.

Le Quartz fait partie des cristaux optiquement uniaxes. Aussi les plaques de ses cristaux perpendiculaires à l'axe de symétrie montrent-elles des anneaux colorés circulaires, entre deux nicols croisés en lumière convergente; mais, à cause de la rotation qu'elles impriment au plan de la lumière polarisée, elles ne laissent voir les deux lignes noires rectangulaires qui traversent les anneaux qu'au-dessous de trois millimètres d'épaisseur. Elles sont optiquement positives.

Dans les porphyres, les trachytes et leurs modifications vitreuses, le Quartz offre ordinairement des formes géométriques assez régulières, arrondies cependant ou incomplètes quelquefois; il est presque toujours assez limpide dans ces roches et assez pur, bien qu'on y observe par places des cavités remplies de fluides. Ses cristaux montrent en section droite des hexagones, des doubles triangles isocèles. Dans les granites et les schistes cristallisés, il se présente en grains qui se moulent sur les autres éléments qui lui sont associés.

Dans les pegmatites, il enveloppe le feldspath, et les sections de ses cristaux offrent des lignes polygonales, souvent parallèles, qui s'éteignent toutes à la fois. Le Quartz des granites et des schistes cristallisés est rempli d'une foule d'inclusions qui l'obscurcissent ; Sorby et Zirkel regardent la masse de ces matières comme composée d'eau renfermant des cristaux de chlorure de sodium.

Au microscope, en lumière polarisée, les grains de quartz présentent une sorte de noyau coloré au milieu de régions concentriques colorées vivement aussi, mais de teintes différentes.

Dans les sections minces d'agate on observe un mélange de parties cristallines, biréfringentes et de parties amorphes, sans action sur la lumière polarisée. On y aperçoit une foule de petites cavités canaliculaires.

Silex. Éclat moins vif. Cassure conchoïde ou conique. Dureté 7. Il se brise en éclats tranchants, translucides, au moins sur les bords. La lessive de potasse en dissout ordinairement une très petite proportion. Le Silex contient à peine 1 % d'eau et 1 % de chaux, alumine et oxyde de fer.

Il s'en dégage par le choc une odeur particulière un peu bitumineuse. Souvent la partie extérieure de ses nodules est plus blanche et plus friable que la masse. C'est de la silice farineuse, plus ou moins soluble dans les dissolutions alcalines. Le Silex est très répandu en rognons, en petits bancs, en lits interrompus, dans les terrains secondaires et en particulier dans la craie. La couleur en est très variable ; ordinairement elle est d'un gris plus ou moins noirâtre.

Jaspe. — Quartz cristallin, en masse compacte, opaque, mat, coloré en jaune, en rouge, en vert, en noir, en bleuâtre, en gris perle, etc., par diverses matières, surtout par des oxydes métalliques. Dans certaines variétés les couleurs alternent deux à deux par bandes parallèles du plus agréable effet. La roche est dure, mais elle peut recevoir un beau poli. Le Jaspe se trouve en petites masses ordinairement peu importantes, et souvent accompagnées de silex corné au voisinage des serpentines et des mélaphyres.

Hornstein. — *Silex corné.* Silex à cassure esquilleuse, presque plate, ayant l'aspect de la corne, grisâtre ou brun, souvent schistoïde. On le rencontre surtout dans les dolomies du Trias.

Meulière, Silex molaire. Silex d'un blanc grisâtre, rougeâtre, verdâtre, jaunâtre, etc., ayant quelquefois l'éclat résinoïde ou terne et terreux. Son caractère est d'être criblé de cavités, de trous, de pores vides ou remplis d'argile (terrains tertiaires des environs de Paris).

Opales et Tridymite. — Silice amorphe, soluble, non seulement dans l'acide fluorhydrique et dans la potasse en fusion, mais aussi dans les dissolutions alcalines bouillantes; rarement transparente, ordinairement translucide. Cassure conchoïdale. Éclat vitreux, un peu résineux dans les variétés communes. Dureté : un peu plus faible que celle du Quartz ; elle varie de 5 à 6. Densité: 2,2 au maximum.

Cette silice a chimiquement la même composition que le Quartz, à cela près qu'elle renferme en général de l'eau, mais dans des proportions qui varient depuis 0 jusqu'à 30 %.

Nous avons trouvé à Bry-sur-Marne (1) une variété de silice très hydratée, qui perd son eau d'elle-même lorsqu'on l'abandonne à l'air. Elle reprend cette eau dans une atmosphère humide.

L'opale proprement dite a une structure gommeuse, *colloïde*. A cet état elle est généralement inactive sur la lumière polarisée ; c'est aussi l'état de la silice gélatineuse, qu'on obtient en décomposant un certain nombre de silicates par les acides (mésotype, etc.). Sous cette forme, les variétés les plus pures montrent accidentellement de belles irisations, qui les classent parmi les plus belles pierres de la joaillerie (Opales nobles de Hongrie, contenant 10 °/. d'eau), et qui proviennent peut-être de fissures entrecroisées où la lumière se décompose en donnant lieu à ce que les physiciens appellent *phénomène des réseaux*. D'autres variétés du Mexique portent le nom d'*opales de feu*. Enfin les plus ordinaires sont mêlées de substances colorantes minérales, telles que des silicates de fer et d'autres oxydes métalliques, ou même de matières organiques (Opale d'un rose de chair, de Mehun-sur-Yèvre, Cher).

Quelquefois les variétés les plus hyalines montrent en lumière polarisée parallèle des phénomènes de coloration qui caractérisent un certain nombre de substances à structures sphérolithiques, c'est-à-dire des anneaux colorés circulaires traversés par une croix noire. M. Émile Bertrand a expliqué ces phénomènes dans les calcaires qui ont cette structure, et dans les-

(1) *Bull. Soc. géol. de France*, 2e série. Tome XVIII, 1861, p. 673.

quels le phénomène rentrerait dans les lois habituelles, en ce sens qu'il serait dû à l'obliquité des rayons qui traversent les petits sphéroïdes et qui possèdent à l'émergence une différence de phase qu'ils n'auraient pu acquérir dans des lames très minces auxquelles ils seraient restés perpendiculaires; mais ici les sphérolithes ne paraissent pas appartenir au Quartz qui est optiquement uniaxe; ils appartiennent à l'opale, dont le système cristallin est sans doute biaxe. En tout cas, ce phénomène est très net.

Tridymite. — Enfin, il reste à signaler une variété de silice ayant la densité, les caractères chimiques de l'opale, mais une forme cristalline. C'est la Tridymite de W. von Rath. M. W. von Rath a observé en druses, dans le trachyte de San-Cristobal, près Pachuca, à Mexico, une Silice dont la forme différait de celle du Quartz, et qu'il a nommée Tridymite. Cette matière a été retrouvée plus tard dans le trachyte du Mont-Dore (Auvergne) et du Capucin, au Puy. G. Rose en a constaté l'existence dans plusieurs opales. Les cristaux sont des tables hexagonales, incolores, limpides, groupées tantôt par trois, tantôt par deux, souvent accolées en grand nombre, imbriquées en séries quelquefois étagées les unes sur les autres, en amas avec des contours plus ou moins nets : M. von Lasaulx pense que ce sont des prismes biobliques, d'environ 120°, groupés en hexagones réguliers, à la manière des prismes droits d'Aragonite ou de Wéthérite. Les lames de tridymite sont si minces que les deux rayons issus par double réfraction d'un même incident n'ont pas une différence de phase appréciable.

La Tridymite paraît résulter d'altérations comme la

silice que nous avions signalée à Bry-sur-Marne. Elle est souvent abondamment répandue dans les roches éruptives jaunes et particulièrement dans les roches trachytiques.

Olivine ou Péridot $(MgO, FeO)^2 SiO^2$. — Forme : un prisme droit à base rhombe de 119° 13' (fig. 111). Dureté 7. Densité 3,4. Cassure conchoïdale. Couleur jaune verdâtre, vert olive. La variété si abondante dans certains basaltes est grenue, et d'un vert plus ou moins foncé. Souvent les variétés très ferrugineuses sont altérées en jaune sale, en brun, en rougeâtre (Limbilite, Hyalosidérite).



Fig. 111.

Il se rencontre plus souvent en grains qu'en cristaux. Ceux-ci montrent en section droite six ou huit pans ; mais le plus ordinairement ils ont été brisés ; on n'en retrouve que les fragments.

Au microscope leurs sections minces montrent beaucoup de fentes irrégulières et des surfaces ondulées, une assez grande transparence et des couleurs très pâles qui varient du gris au verdâtre. Quelquefois le bord des cristaux est devenu brun, par suite de l'oxydation du fer qu'ils contiennent. Leurs fentes sont souvent aussi tapissées d'oxydes de fer bruns ou rouges. Enfin, ils offrent des régions fibreuses où ils passent à la serpentine.

Zircon. — Il est composé de silice et de zircon

(ZrO^2, SiO^4). Il cristallise en prismes droits à base carrée (fig. 112) ; il a pour dureté 7,5, pour densité 4,67 ; il est insuffisant au chalumeau, insoluble dans les acides. Décomposé par fusion avec des carbonates alcalins sur la lame de platine, il est attaqué ensuite par l'acide chlorhydrique, et la dissolution donne au papier de curcuma une couleur orangée caractéristique.

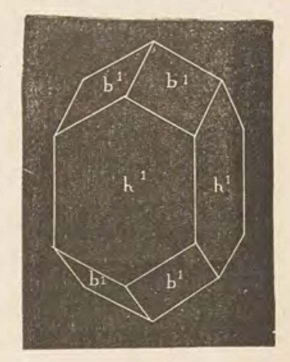


Fig. 112.

Le zircon est ordinairement coloré dans les roches et rouge hyacinthe, en brun, en gris jaunâtre. Il a l'éclat adamantin, surtout quand il est peu coloré. Il est ordinairement d'une grande pureté quand on l'observe en lames minces, même à de forts grossissements.

CHAPITRE II

BISILICATES DE PROTOXIDES ($MOSiO^2$)

Groupe des Pyroxènes. — Les uns ont la symétrie orthorhombique, comme l'ont montré les recherches optiques de M. Descloizeaux (Enstasite, Bronzite, Hypersthène).

Les autres sont clinorhombiques ; ce sont les Pyroxènes proprement dits, en y comprenant la Wollastonite.

Enstasite. — Bisilicate de magnésie, généralement un peu ferrifère. Elle se clive parallèlement aux faces d'un prisme droit à base rhombe de 93° environ. Elle est très difficilement fusible au chalumeau, et seulement sur les bords très minces ; elle a pour densité 3.9 ; un éclat perlé, un aspect fibreux, déchiré ; elle est d'un blanc grisâtre, jaunâtre ou verdâtre ; la poussière en est à peine grisâtre. Le plan des axes optiques y est parallèle au plan g^1 (Descloizeaux).

L'Enstasite a pour dureté 5,5.

Au microscope, les grains montrent des stries parallèles, rectilignes, très serrées, lorsque la section est perpendiculaire ou à peu près à une face de clivage.

Bronzite. — Elle n'en diffère que par sa composition qualitative, dans laquelle entre une certaine quantité de fer ; par son éclat plus vif, plus adamantin, presque métallique, bronzé, sur la face du clivage parfait, qui est ici le plan g^1. Elle est d'un jaune vif, brune, ou d'un vert olive. Elle est inattaquable par les acides.

Hypersthène. — Il y a dans l'Hypersthène autant de fer que de magnésie. Il se distingue surtout par la couleur vive d'un brun rougeâtre, à reflet cuivré, dont brille sa face de clivage facile (face g^1). A travers une lame mince parallèle à ce clivage, l'on observe à la loupe microscopique une image d'un rouge hyacinthe, l'autre d'un bleu verdâtre. L'Hypersthène fond en un verre opaque d'un vert gris. Une plaque à faces parallèles au clivage difficile h^1 montre sous le micros-

cope d'Amici les anneaux colorés des substances cristallisées dans le système orthorhombique.

Diaclasite. — Bronzite un peu hydratée, jaunâtre, ou gris verdâtre. La dureté n'est plus que d'environ 3,5; la fusion y devient assez facile en émail vert brunâtre. L'action des acides est nulle. Le plan des axes optiques est parallèle à h^1.

Au microscope, la Bronzite diffère peu de l'Enstatite. L'Hypersthène brun ou d'un noir de poix montre à un fort grossissement des fentes parallèles au clivage facile et à deux clivages plus difficiles qui se coupent sous l'angle de 87° ou de son complément 93°. A un fort grossissement aussi, on y observe une foule de lamelles interposées. Les grains paraissent appartenir à la magnétite; irrégulièrement disséminés, ils communiquent à certaines parties de la masse leur action sur l'aiguille aimantée. Les lamelles brunes ou jaunâtres, ou même incolores, sont plus uniformément intercalées entre les plans de clivage. On sait que l'acide titanique entre pour une certaine proportion dans la composition chimique de ces lamelles, que les uns pensent être du fer oligiste, les autres de la Broozite, mais dont on ne connaît pas encore la vraie nature.

Pyroxènes. — Bisilicates ayant pour bases la magnésie, la chaux, le protoxyde de fer, à peu près inattaquables par les acides, fusibles au chalumeau. Les formes cristallines des Pyroxènes dérivent d'un prisme dont les faces font entre elles un angle de 87° environ, comme celles de l'Enstatite et de l'Hypersthène ; mais les modifications de ces cristaux et leurs propriétés optiques les rattachent au système clinorhombique.

Parmi les Pyroxènes on distingue le Diopside, la Diallage, l'Hédenbergite et l'Augite.

Toutes ces espèces cristallisent sous des formes dérivées d'un prisme oblique. On a choisi d'un commun accord pour forme primitive un prisme dont les faces verticales, parallèles aux clivages ordinaires des pyroxènes, font entre elles un angle de 87° 5' et dont la base est une face très développée dans les différentes variétés de diopside et inclinée de 106° sur l'arête *mm* ou sur la face h^1

Diopside. (Ca, Mg) $OSiO^2$. — Incolore, blanc, vert pâle, vert olive, vert grisâtre.

Quelques variétés se divisent suivant la base par le choc; mais l'une d'entre elles présente une direction plane d'un vrai clivage, aussi net que facile, parallèlement à l'arête *h* et à la diagonale *ee*. Cette variété a reçu le nom de *diallage*. Elle se rencontre dans un assez grand nombre de roches. La figure 113 montre la forme primitive du Diopside sur la base duquel on a produit une courbe isothermique.

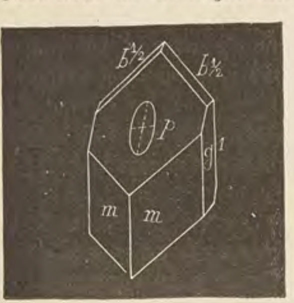


Fig. 113.

Diallage. — C'est une variété de Pyroxène diopside, au point de vue chimique et géométrique; elle en diffère beaucoup par son clivage unique et parfait, parallèle à la face h^1, dont l'éclat très vif, quelquefois nacré, souvent mé-

talloïde, a une certaine analogie avec celui des micas. La Diallage est jaune, d'un gris jaunâtre, ou verdâtre, ou d'un brun tombac; elle est faiblement translucide sur les bords; elle a pour dureté 4, celle de la fluorine; pour densité 3, 25 en moyenne. Elle n'est pas attaquable par les acides. Elle fond difficilement au chalumeau. Les deux axes optiques sont dans le plan g^1; une lamelle déchirée de Diallage parallèle au clivage montre au microscope d'Amici un seul système d'anneaux colorés; une lame d'Hypersthène laisse apercevoir ensemble les deux systèmes d'anneaux colorés, si elle est prise parallèlement au clivage de même direction.

Outre ce clivage net, parallèle à h^1, la Diallage en possède deux autres difficiles parallèlement aux faces *mm* de la forme primitive des pyroxènes, et enfin un quatrième presque indistinct suivant la face g^1 du même prisme. Au microscope, ces clivages se manifestent par des stries fines sur les sections qui leur sont perpendiculaires. Si la section se trouve à peu près perpendiculaire au clivage facile, ou mieux parallèle à g^1, les traces des plans de clivage sur cette section sont rendues visibles par des stries fines et très serrées, entre lesquelles sont interposées souvent des matières étrangères, magnétite, apatite, olivine, etc. Les grains de diallage répandus dans les roches n'ont généralement pas de formes régulières; ils semblent remplir les vides laissés par les minéraux qu'ils accompagnent. On a pu cependant y saisir un groupement parallèle à la face *p* de la forme primitive. En lumière polarisée, ils se colorent vivement et s'éteignent en général dans des directions obliques aux stries. Sur la section g^2, les lignes d'extinction font des angles

de 39 et de 51° ou de leurs suppléments avec les stries.

Hédenbergite. (Ca, Fe) $OSIO^2$. — Noire ou d'un vert sombre; poussière d'un gris verdâtre. L'Hédenbergite fond en verre noir plus ou moins magnétique.

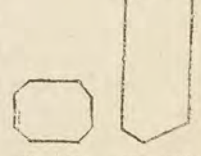
Augite (CaO, MgO, FeO, Al^2O^3, SiO^3). — Cette espèce renferme jusqu'à 8 % d'alumine. Elle est d'un noir parfait, ou d'un noir de poix qui tourne souvent au vert foncé ou au brun. La poussière en est grise, à peine colorée, parfois cependant un peu jaunâtre ou verdâtre. Elle fond en verre noir, plus ou moins scoriacé, toujours plus difficilement que la hornblende. Cassure : conchoïdale. Densité : environ 3. Dureté : un peu inférieure à 6. Teneur en silice : environ 50 %.



Fig. 114.

Forme : prisme unioblique (fig. 114) $mm = 87° 5'$; $ph^1 = 105°,58'$; h^1 existe souvent; g^1 également; p est ordinairement masqué par une paire de facettes $b^{1/2}$ caractéristiques. Clivages difficiles suivant les faces mm.

Au microscope, dans les plaques minces, les sections des cristaux offrent les contours représentés par les figures 115 et 116. La figure 117 montre un groupement assez ordinaire de deux demi-cristaux renversés l'un par rapport à


Fig. 115. Fig. 116.

l'autre suivant h^1. Quelquefois, les bords seuls du cristal sont nets; l'intérieur renferme des lamelles entassées confusément. Vue par transparence, l'augite en lames minces est brune, verte, grise ou jaunâtre, quelquefois elle montre plusieurs de ces différentes colorations sur un espace assez restreint. Elle est plutôt verte dans les roches où elle est associée à l'amphigène, brune dans un grand nombre de basaltes; en sections très minces, elle devient presque incolore; dans la lumière polarisée, elle prend des colorations vives, qui varient avec l'épaisseur des grains souvent très inégale, mais qui changent peu, lorsqu'on fait tourner la plaque sur elle-même entre les nicols croisés. Cependant l'augite de plusieurs basaltes d'Auvergne est assez fortement dichroïque. Dans plusieurs roches à néphéline et dans plusieurs gabbros, l'Augite la Diallage et la Hornblende sont entremêlées. On reconnaît ordinairement sur les cristaux ou les grains d'augite en lames minces leurs clivages par des lignes qui se coupent sous des angles de 87°; mais on n'y remarque plus les stries fines de la Diallage. Quelquefois, les cristaux d'augite, bien vitreux, ne laissent plus voir ces sortes de fentes rectilignes qui sont dues au clivage; on n'aperçoit que des contours plus ou moins ondulés; on croirait avoir affaire à de l'olivine; mais, aussitôt qu'on peut orienter une des lignes du contour, on résoud la difficulté au moyen des lignes d'extinction qui peuvent servir à distinguer l'Augite de l'Olivine, aussi bien que de la Hornblende.

Fig. 117.

Dans une section *aoa'o'* d'augite parallèle au plan de symétrie (g^1), *ao* étant la diagonale inclinée, *oa'* l'arête

mm, l'angle *aoa'* mesure l'inclinaison $ph^1 = 106°$. Par le centre *c* du cristal menons *pp'* parallèle à *oa'* (fig. 118).

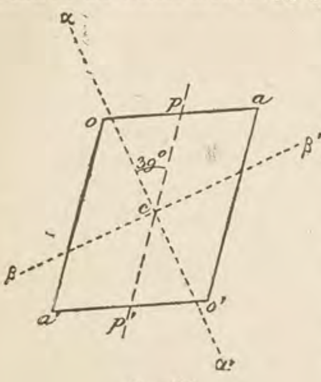


Fig. 118.

Une des lignes d'extinction *αα'* fait un angle de 38° 44 avec *pp'*. La seconde ligne d'extinction, perpendiculaire à la première, fait par conséquent avec *pp'* un angle de 51° 16'. *αα'* est la bissectrice aiguë de l'angle des axes optiques ; elle est positive et s'incline vers l'angle obtus *aoa'*. Les deux axes optiques sont dans le plan *aoa'o'* (Descloizeaux). L'angle des axes optique est assez considérable ; il atteint 68° d'après Tschermak dans l'Augite de Frascati.

La figure représentant la section droite d'un cristal d'augite, les deux lignes d'extinction *αα ββ*, deviennent parallèles aux traces *gg*, *hh*, des plans h^1 et g^1 sur cette section. Mais on peut alors mesurer l'angle des lignes d'extinction avec les traces des faces *m*, *m* ; l'un des angles est de 43° 1/2 ; l'autre en est le complément. Plus la section observée se rapprochera du plan de symétrie, plus l'angle de la ligne d'extinction avec la face h^1 se rapprochera de 39°.

Amphiboles. — Toutes les espèces de ce groupe cristallisent en prismes obliques qui se clivent parallèlement à leurs pans (*m*, *m*) sous un angle de 124° 11' à 124° 30'.

L'angle *aoa'*, qui mesure l'inclinaison de la base p sur l'arête h est de 105°. Ordinairement, le prisme est modifié sur ses arêtes latérales par le plan g^1, parallèle au plan de symétrie, et terminé par sa base p, surmontée elle-même de facettes $b^{1/2}$, parallèle à ses arêtes supérieures, de façon que la forme ressemble assez à celle d'un prisme hexagonal portant un sommet rhomboédrique, et surtout à celle de la Tourmaline; mais la mesure des angles des trois facettes terminales montre bien vite la véritable symétrie.

Souvent les cristaux se groupent comme ceux d'augite suivant le plan h^1; mais le développement des faces $b^{1/2}$ à une extrémité du groupe masque l'angle rentrant, et le groupement ne se manifeste que par la dissymétrie géométrique des deux sommets.

Trémolite. 8 (1/4 CaO, 3/4 MgO) 9 (SiO^2). — Dureté 5 à 6. Densité 2,9 à 3. Incolore, blanche, d'un vert pomme, grise, elle est souvent fibreuse; elle a l'éclat soyeux. Elle fond assez facilement avec un léger bouillonnement en verre blanc, à demi transparent, inattaquable par les acides. L'on y rapporte un grand nombre d'Asbestes. Le Jade de la Chine, *Néphrite* de Damour, à éclat gras, à cassure un peu esquilleuse, et d'un blanc plus ou moins verdâtre, est une variété compacte de Trémolite.

Actinete 8 (MgO, CaO, FeO) 9 (SiO 2). — Isomorphe de la préêédente. Densité 3 à 3, 2. Elle se présente en masses vertes, rayonnées, en longues baguettes à extrémité cassée ou engagée dans les schistes talqueux ou micacés. Au microscope, elle est très polychroïque; ses colorations varient du vert au jaune en lumière polarisée.

Hornblende, de composition analogue à la précédente, mais contenant de l'alumine; d'un noir de corbeau ou de poix en masse, d'un vert foncé ou brun en lames minces. L'on y rattache la *Pargasite*, qui est d'un vert olive ou d'un vert noirâtre, ou d'un bleu foncé. La poussière de la Hornblende est d'un gris verdâtre ou brunâtre. La Hornblende se présente ordinairement dans les roches en cristaux fibreux, qui ont l'aspect du charbon de bois, mais où l'on aperçoit bien les deux clivages inclinés de 124°, à éclat vif et vitreux, lorsqu'on les tourne successivement vers la lumière.

Elle fond plus facilement que l'augite en émail noir; elle est attaquable par les acides lorsqu'elle est très ferrugineuse. Elle a pour dureté 5,5, à peu près celle de l'acier. Dans les roches où elle entre comme élément essentiel (Syénites, Diorites, Andésites), elle a la poussière d'un gris verdâtre. Dans les basaltes où elle ne figure plus que comme élément accidentel, la poussière en est ordinairement brunâtre.

Au microscope, on y remarque d'ordinaire un grand nombre de fentes dues au clivage, et faisant entre elles des angles de 124° et de 56° environ. Entre ces fentes se trouvent logés des grains de magnéebite, de pyrite. L'angle de ces fissures n'atteint, bien entendu, la valeur de 124° que sur des plans voisins de la section droite, perpendiculaires aux faces de clivage. La Hornblende peut alors être confondue avec le Mica, mais d'autres cristaux dans la même section ou d'autres sections dans la même roche permettent bien vite de la distinguer.

Sur le plan de symétrie g^1, les extinctions se font en général à quelques degrés seulement de l'arête h.

Dans les Pargasites, cet angle est plus considérable. Les axes optiques se trouvent dans le plan de symétrie.

La Hornblende est très dichroïque. On voit ses lamelles minces passer du vert au brun; du jaune au rouge brunâtre ou noirâtre, lorsqu'on les tourne sur elles-mêmes entre deux nicols en croix. Elle forme l'élément d'un grand nombre de microlithes ; elle se présente alors en aiguilles fines allongées suivant l'arête *h*. Quelquefois ses fibres ou ses lamelles se groupent en étoiles ou constituent de véritables mosaïques.

L'*Augite* et la *Hornblenbe* (1) sont faciles à distinguer, lorsqu'elles sont cristallisées. Dans les variétés grenues, la Hornblende est toujours lamellaire, un peu fibreuse, et l'on aperçoit encore ses deux clivages et leur angle d'environ 124°. Les grains de Pyroxène ont en général une cassure vitreuse, conchoïdale, un éclat un peu plus gras, et montrent rarement leurs clivages, qui font entre eux un angle voisin de 90°. Dans les variétés à grains fins, la distinction est plus difficile encore. La Hornblende est plus fusible que l'Augite ; elle a la

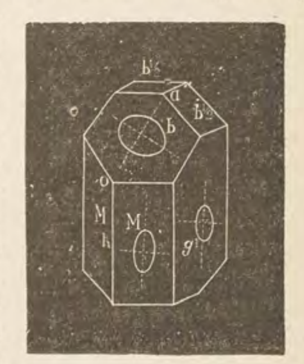


Fig. 119.

(1) Les ellipses dessinées sur les faces du cristal de Hornblende (fig. 119) montrent la position des axes de conductibilité thermique. De la graisse étalée sur chaque face, puis fondue par une pointe portée au rouge, et appliquée succes-

poussière plus foncée, verdâtre ou brunâtre. Lorsque ces deux matières se trouvent mélangées intimement avec d'autres, le Feldspath, par exemple, et forment des pâtes, comme dans les Porphyres, l'on peut les discerner, dans certains cas, au moyen de grossissements considérables. Souvent l'on peut, au microscope, reconnaître, dans des sections

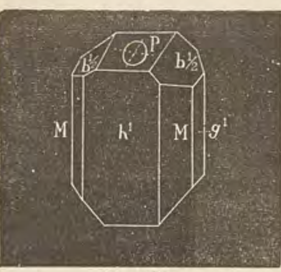


Fig. 120.

de ces roches assez minces pour devenir en partie transparentes, le biseau ou dôme $b\,\frac{1}{2}\;b\,\frac{1}{2}$ de l'Augite, ou les lamelles fibreuses de la Hornblende. Si l'on regarde ces plaques au travers d'un rhomboèdre de spath, l'Amphibole offre deux images dont les couleurs varient du jaune au brun, au vert, au violet, suivant les faces sous lesquelles elle se présente dans

sivement sur une de ces faces, laisse apercevoir, après sa solidification par refroidissement, les courbes figurées ici, dont les axes correspondent aux valeurs extrêmes de la conductibilité pour la chaleur. Le plus grand axe dans toutes les Amphiboles est dans le plan g^1, incliné de 4 ou 5° sur l'arête verticale. Sur la base, le grand axe de l'ellipse est dirigé de droite à gauche. Dans les Pyroxènes, il est dirigé d'avant en arrière sur cette base (fig. 113 et 120). Cette orientation différente du grand axe est en rapport avec celle de l'angle de clivage dans ces deux espèces qu'il ne faut pas confondre, malgré leurs analogies. (Voy. Jannettaz, *Mémoire sur la propagation de la chaleur dans les cristaux. Ann. ch. et phys.*, 4ᵉ série, t. 29, p. 5 et suiv.).

la plaque ; l'Augite, dans les mêmes conditions, a ses couleurs toujours bornées au verdâtre, au jaune et à leurs combinaisons.

Ouralite. — L'on donne ce nom à des cristaux noirs ou bruns, qui ont la forme de l'Augite, mais qui sont composés de prismes aciculaires de Hornblende.

Smaragdite. — Assemblage de lames cristallines alternes d'Amphibole et de Pyroxène, qui ont leurs sections principales parallèles, et dont la couleur est d'un beau vert émeraude, plus ou moins clair.

SILICATES HYDRATÉS DE MAGNÉSIE.

Serpentine. — Hydrosilicate de magnésie, de la formule : $2MgO,SiO^2, MgO, 2H^2O$, tantôt doux au toucher, tantôt assez âpre. La dureté, ordinairement inférieure à 3, s'élève quelquefois au-dessus par suite de mélanges avec des oxydes métalliques. La densité moyenne de la serpentine pure est 2,63.

On a donné le nom de *serpentines* à un assez grand nombre de matières qui ont des compositions chimiques voisines, mais des structures assez différentes. Celles qui présentent quelque apparence de structures cristallines ont été étudiées optiquement par divers observateurs. M. Descloizeaux les regarde en général comme présentant la symétrie orthorhombique ; il a pu observer dans la Marmolithe, le Chrysotile, deux axes optiques et une bissectrice aiguë négative. La Métaxite de Schwarzenberg présenterait une bissectrice positive d'après Websky.

Bastite. — *Schillerspath, diallage métalloïde.*— Chimiquement elle rentre dans les serpentines, dont elle a

en même temps les caractères optiques. Elle contient une assez grande quantité d'oxyde ferreux.

Au microscope, on aperçoit dans les sections minces parallèles au clivage des stries fines et serrées, plus ou moins infléchies. C'est aux jeux de lumière produits par cette texture fibreuse que Reusch attribue l'éclat vif et bronzé de la substance.

Talc et **Stéatite.** — Silicate de magnésie hydraté (Silice environ 62 % ; magnésie, 32 à 33 ; eau, 4,8). Formule : $3MgO,\ 4SiO^2,\ H^2O$.

1° **Talc cristallisé** : en lamelles hexagonales dérivées d'un prisme droit à base rhombe, dont les angles atteignent, comme dans les Micas, 60° et 120° ; très doux, gras au toucher, flexible, non élastique, d'un blanc verdâtre, d'un blanc d'argent, d'un vert poireau. La base est clivable et a un éclat nacré ; la poussière est blanche, la dureté est 1. Le talc se raie avec l'ongle. La bissectrice des axes optiques est perpendiculaire au clivage ; elle est négative ; les axes optiques sont très rapprochés.

2° **Talc massif stéatite** : en masses grossièrement granulaires, en agrégats écailleux, pailletés, bacillaires, rayonnés, schisteux.

Au chalumeau, les talcs laminaires s'exfolient plus ou moins ; ils fondent difficilement sur les bords en émail blanc. Ils donnent un peu d'eau dans le tube fermé. Ils sont inattaquables par les acides.

Au microscope, en lumière polarisée, les teintes du talc, jaunes, rouges, etc., sont des plus vives ; souvent les cristaux rayonnent autour d'un centre.

SILICATES D'ALUMINE.

Andalousite ($Al^2O^3SiO^2$). — Silicate d'alumine, dont la forme dérive d'un prisme droit à base rhombe d'environ 91°, infusible, insoluble. Densité 3,14. L'Andalousite raie le quartz quand elle est pure et à structure bien cristalline ; ordinairement elle est terreuse, plus ou moins friable. Ses cristaux enveloppent souvent des fragments de la roche où ils se sont formés ; l'on voit cette roche dessiner des losanges noirs sur l'Andalousite blanche, comme le montrent les figures ci-contre :

(Fig. 121.) Prisme coupé perpendiculairement à ses arêtes longitudinales.

(Fig. 122.) Section parallèle aux arêtes longitudinales du prisme.

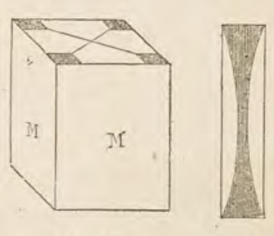


Fig. 121. Fig. 122.

Disthène. — La composition chimique paraît être la même que dans l'Andalousite. Il cristallise en prismes allongés du système dissymétrique ou bioblique. On y observe trois faces de clivage qui font l'une avec l'autre des angles différents. Le Disthène est souvent bleu, et alors notablement polychroïque et presque toujours plus ou moins limpide ; mais il peut être d'une autre couleur, ou même incolore. Il est infusible au chalumeau, et insoluble dans les acides. La dureté y varie de 5 à 6, suivant les faces où on l'observe. Les lignes d'extinction se trouvent à 30° et à 120° environ des arêtes verticales du prisme donné par le clivage.

Le clivage basique est regardé par plusieurs auteurs comme un faux clivage.

Sillimanite. — Silicate d'alumine qui contient un peu plus de silice que l'Andalousite, d'après M. Damour. Infusible au chalumeau, inattaquable par les acides, la sillimanite est d'un gris jaunâtre ou brunâtre ; elle a l'éclat un peu gros sur un plan de clivage. Les cristaux sont des prismes droits, allongés, dont les faces font entre elles un angle de 111° et qui se clivent suivant la face h^1. Des plaques minces perpendiculaires à l'axe d'allongement montrent deux systèmes d'anneaux colorés avec une dispersion très vive autour des hyperboles en lumière polarisée.

A la sillimanite se rapportent un grand nombre de matières bacillaires ou fibreuses nommées Pibrolithe, Bamlite, etc.

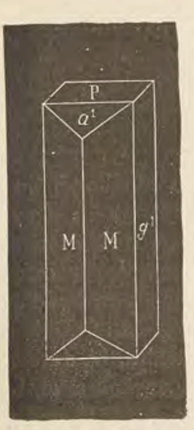


Fig. 123.

Pyrophyllite. — Silicate d'alumine hydraté, contenant quelquefois un peu de magnésie ou d'oxyde de fer, en prismes droits à base rhombe, clivables et allongés parallèlement à la base, prenant au chalumeau un volume considérable, et s'y déployant pour ainsi dire en éventail, mais sans fondre nettement. Elle donne de l'eau dans le tube fermé; elle est incomplètement attaquée par l'acide sulfurique. Elle a l'éclat gras, la couleur blanche ou d'un blanc verdâtre, la dureté faible, la poussière onc-

tueuse, la flexibilité du Talc, et, comme le Talc, elle manque d'élasticité.

La *Pagodite* de la Chine, la *Parophite* du Canada sont des substances qui ont également le facies talqueux, tout en étant des silicates d'alumine peu ou point magnésifères.

SILICATES DE BASES SESQUIOXYDES ET PROTOXYDES.

Staurotide. — Silicate d'alumine et de fer, dont la composition peut s'écrire : $4(Fe, Mg)\ O, 8Al^2O^3, 7SiO^2$. Elle cristallise en prismes droits à base rhombe, d'environ 129°, d'un brun rouge foncé, infusible au chalumeau, insoluble. Ordinairement les cristaux sont groupés deux par deux en forme de croix rectangulaires ou obliques. Densité 3,7, Dureté 7,5. Fig. 123, cristal simple; fig. 124, groupe en croix rectangulaire.



Fig. 124.

Cordiérite ou **Dichroïte.** — Silicate d'alumine, de magnésie et de chaux, cristallisé en prismes à 6 pans dérivés d'un prisme droit à base rhombe. Dureté 7,5. Densité 2,59. Fusible, mais difficilement sur les bords.

Difficilement attaquable par les acides. Souvent d'un bleu d'azur, lorsqu'on la regarde par transparence dans une direction, elle est grisâtre ou jaunâtre dans les autres. La cassure en est vitreuse, et la dureté supérieure à celle du Quartz.

Très fréquemment la Cordiérite montre au microscope des fentes intérieures dont les bords sont formés de longues aiguilles parallèles (C. d'Orijårfvi, en Finlande) ou de tables rectangulaires (C. de Steinach, Kinzigthal). Tous ces microlithes ne sont visibles qu'à un fort grossissement. Il s'y mêle souvent du Mica et de l'Hématite. Tout cela indique une tendance à la décomposition.

En dehors des variétés de cordiérite qu'on trouve en cailloux roulés dans les sables de l'Inde, et qui sont exploitées en joaillerie comme pierres fines, on en voit rarement de pures. Il en est un grand nombre qui sont devenues méconnaissables. On connaît sous les noms d'Aspasiolithe, de Chlorophyllite, d'Esmarkite, de Fahlunite, de Gigantolithe, de Pyrargillite, etc., des matières souvent revêtues des formes de la Cordiérite, dont quelques-unes renferment encore des grains non altérés. Leur structure est gommeuse, sans action le plus souvent sur la lumière polarisée; c'est ce qu'on observe particulièrement dans la

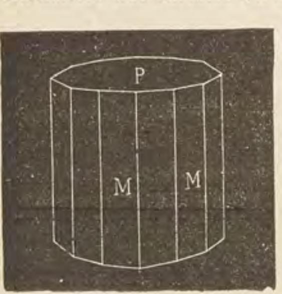


Fig. 125.

Gigantolite, la Pyrargillite et au plus haut degré dans la Pinite.

La Pinite offre (fig. 125) nettement les formes cristallines de la Cordiérite ; mais elle a une dureté faible qui ne dépasse pas 2,5, une densité de 2,8; elle contient 8 à 10 % de potasse; elle a l'éclat gras ou argileux.

Groupe des Scapolithes. — Ce nom a été donné d'abord aux matières qui cristallisent en baguettes ou prismes allongés. On l'a conservé à un groupe d'espèces minérales dont les formes nettement définies dérivent d'un prisme droit à base carrée, et dont les propriétés optiques et thermiques sont bien celles des cristaux uniaxes, mais que la variation de leur composition chimique semblerait devoir éloigner les unes des autres.

Méionite. 6(Ca, Mg, Na^2, K^2)O, $4Al^2O^3$, $9SiO^2$, en prismes carrés, souvent terminés par des octaèdres de même section, facilement clivables suivant leurs pans, ayant pour dureté 6, souvent limpides, quelquefois pénétrés de grains noirs de Grenat, de Hornblende ou de Microlithes vitreux, solubles dans l'acide chlorhydrique avec séparation de silice floconneuse. On rencontre ces cristaux dans plusieurs trachytes, où ils sont mêlés à de gros prismes de sanidine, dont ils se distinguent par leurs lignes d'extinction l'une parallèle et l'autre perpendiculaire à leurs pans. L'axe optique est négatif.

Paranthine. — Silicate d'alumine, de chaux et de soude, dont les atomes d'oxygène contenus dans les protoxydes, dans l'alumine et dans la silice sont entre eux dans les rapports 1 : 2 : 5 qui caractérisent la Méionite. Les formes et les propriétés physiques sont celles de la Méionite ; l'éclat en est vitreux, gras dans

certaines directions ; la couleur y varie du gris au jaune verdâtre; la dureté s'y abaisse quelquefois notablement au-dessous de 6 par suite d'altérations ; elle fond assez difficilement en verre bulleux ; elle est peu attaquable par les acides.

Dipyre. $3(Ca, Na_2)O$, $2Al^2O^3$, $9SiO^2$. — Propriétés analogues à celles de la Paranthine ; fusion au chalumeau en verre bulleux avec bouillonnement. Souvent une décomposition partielle ; les cristaux deviennent opaques. Les cristaux en général fibreux renferment de l'argile ou des grains de quartz, de petites paillettes de mica et des microlithes verdâtres de nature talqueuse ou argileuse.

Couseranite. — Se rattache de près aux Paranthines, contient souvent des granules opaques de matières chabonneuses qui la colorent en noir.

Épidote. — Silicate d'alumine de chaux et de fer, dont la formule est à peu près : $6CaO$, $4(Al^2, Fe^2)O^3$, $9SiO^2$. Forme : le prisme oblique à base rhombe (fig. 126) $mm = 69°\ 56$f ; en avant, $ph^1 = 115°$ 27' antérieur. Cristaux allongés parallèlement à l'intersection de p avec h^1. Clivages parfaits parallèlement à p ; moins nets suivant h^1. Couleurs : vert, quelquefois jaune, rouge ou brun. Poussière grise. Dureté 6,5. Densité 3,32 à 3,45.

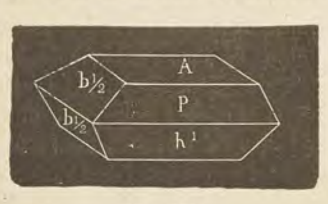


Fig. 126.

Au chalumeau, l'Épidote, quoique infusible, se gonfle en chou-fleur, devient noire ; elle ne fait gelée avec les

acides qu'après calcination. Variétés bacillaires, aciculaires, granulaires, arénacées (Scorza), compactes.

Dans les roches, c'est la variété d'un vert pistache qui domine; elle est ferrifère.

Les cristaux sont souvent mâclés suivant le plan h^1. Ils ont ordinairement un dichroïsme très énergique. Lorsqu'on les regarde par transparence au travers de leurs bases on y observe deux branches d'hyperboles, l'une rousse et l'autre verte. Les lignes d'extinction dans le plan de symétrie sont l'une parallèle et l'autre perpendiculaire, à 1 ou 2 degrés près, à l'arête *mm* ou verticale. Au microscope, l'épidote devient très transparente et les couleurs en sont très vives. Les variétés peu colorées en plaques minces ne sont pas très dichroïques; les plus foncées sont brunes, vertes, jaunâtres, suivant l'orientation de la lame entre les nicols croisés.

Zoïsite. — La formule chimique est ici exactement $6CaO, 4Al^2O^3, 9SiO^2$. Mais les caractères optiques et l'étude géométrique de ses formes font de la zoïsite une espèce orthorhombique (Descloizeaux).

Idocrase. $2(Al^2, Ca^3, Fe^3)O^3, 3SiO^2$. — Cette espèce fournit de très beaux cristaux en prismes à base carrée, modifiés sur leurs angles et leurs arêtes basiques par des octaèdres à section quadratique, sur leurs arètes verticales par un prisme inverse de même section, souvent allongés verticalement, souvent aussi d'un vert analogue à celui de beaucoup d'Épidotes. L'Idocrase est attaquable par l'acide chlorhydrique après calcination; mais elle fond avec bouillonnement au chalumeau, et ses variétés un peu colorées sont beaucoup moins dichroïques que celles de l'Épidote.

Groupe des Grenats. — Leur formule chimique se rapporte au type suivant : 3MO, M^2O^3, $3SiO^2$. Leurs formes dominantes sont le dodécaèdre rhomboïdal (figure 127), le trapézoèdre (fig. 128) et la combinaison des deux (dodécaèdre émarginé ou modifié sur toutes ses arêtes). La dureté est à peu près celle du quartz.

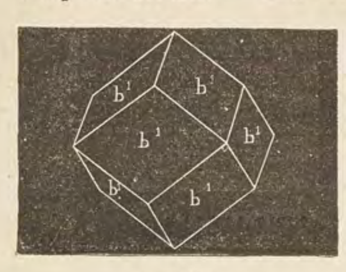


Fig. 127.

Nous citerons le Grenat *grossulaire* (*alumino-calcaire*), à éclat vitreux, transparent, d'un vert d'herbe, rarement blanc ou d'un jaune orangé (*Essonite*), facilement fusible en verre grisâtre, verdâtre, noirâtre, lentement attaquable par l'acide chlorhydrique, et faisant gelée après fusion; le Grenat *Pyrope* (*alumino-magnésien chromifère*), d'un rouge de sang fusible au chalumeau, inattaquable par les acides; le Grenat *almandin*, *alumino-ferreux*, d'un rouge vermeil, brunâtre, vineux, fusible en globule souvent magnétique, dont la densité varie de 3,8 à 4,2, faisant gelée après fusion dans l'acide chlorhydrique; les grenats



Fig. 128.

ferrico-calcaires (*Mélanite*, noir, fusible en globule d'un vert bouteille; *Topazolithe*, d'un jaune clair; *Aplôme*, d'un vert jaunâtre ou brunâtre, fusible en verre noir très magnétique).

Au microscope, les grenats se présentent avec des sections triangulaires, hexagonales, carrées, rectangulaires, octogonales; les mélanites avec des arêtes vives, les almandins avec des bords arrondis. Les almandins sont sans action sur la lumière polarisée; les topazolithes, les grossulaires montrent fréquemment des lignes d'extinction parallèles à plusieurs directions qui s'entrecroisent.

Emeraude. $3glO, Al^2O^3, 6SiO^2$. — Silicate d'alumine et de glucine cristallisé en prismes hexagonaux modifiés symétriquement sur leurs arètes ou leurs angles, presque infusibles, insolubles dans les acides, ayant pour densité 2,7, pour dureté 7,5. Couleurs: incolore; brun; jaune roussâtre; vert d'eau; vert d'herbe, dit vert émeraude.

Groupe des Feldspaths. — Silicates alumino-alcalins ou alumino-terreux, plus durs que l'acier, que l'Apatite (dureté 6), faisant feu au briquet, mais rayés par le quartz, nettement clivables d'ordinaire, au moins suivant deux directions qui font entre elles un angle de 90° (Orthose) ou d'environ 86° (Anorthose); tous fusibles, mais plus ou moins facilement.

L'on y distingue six feldspaths à caractères bien déterminés, l'*orthose* où domine la potasse, l'*albite* à base de soude, et l'*anorthite* à base de chaux; et trois feldspaths dont la composition est en réalité plus complexe, l'*oligoclase* et l'*andésine* à base de soude et de chaux, enfin le *labrador*, à base de chaux et de soude.

Orthose (feldspath commun, Werner; adulaire, etc.), $KO\,Al^2\,O^3\,(Si\,O^2)^6$. — Formes : un prisme oblique à base rhombe, modifié ordinairement sur ses faces latérales et sur l'angle postérieur de sa base.

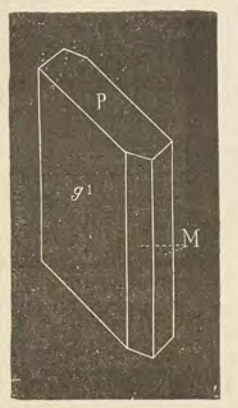


Fig. 129.

$mm = 118°\ 48'$ $pm = 112°\ 16'$
$ph^1 = 116°\ 7'$ $pg^1 = 90°$.

Directions de clivages nets : d'abord p; puis g^1.

Formes dominantes : allongées dans le sens de la hauteur (cristaux vitreux du Saint-Gothard) (fig. 129), prismes allongés parallèlement à leurs bases (cristaux des porphyres et des granites porphyroïdes (fig. 130). Les cristaux offrent plusieurs modes de groupements : 1° celui qu'on nomme *loi de Baveno ;* dans ce cas, ils s'accolent avec inversion suivant une facette qui modifierait l'angle latéral de leur base, et qui serait inclinée de 45° 3' sur l'axe vertical, de façon que les deux bases p devinssent adjacentes l'une à l'autre, ainsi que les deux latérales g^1 ;

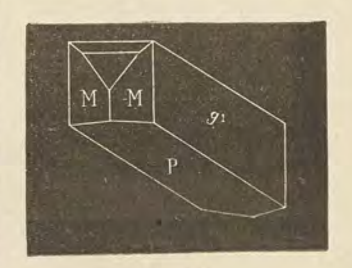


Fig. 130.

2° deux cristaux, situés, l'un par rapport à l'autre

comme un objet et son image vue dans un miroir, ont leurs arêtes verticales parallèles ; ils se sont pénétrés en partie (fig. 131), ayant une portion commune, et l'autre libre. Les deux bases font entre elles un angle rentrant de 127° 46'. Cette loi de groupement porte le nom de *loi de Carlsbad* (cristaux des granites porphyroïdes et les porphyres). Si l'on incline devant une lumière la surface de ces roches, obtenue par la cassure, pour y apercevoir le clivage basique des cristaux de Feldspath qu'elles renferment, l'on ne voit briller qu'une partie de la base de ces cristaux ; l'on ne distingue le clivage de l'autre partie qu'en faisant tourner la roche d'un angle supplémentaire de 127°46'.

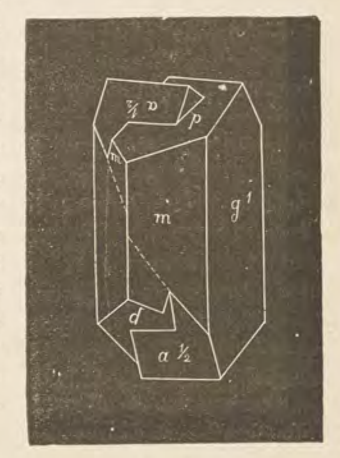


Fig. 131.

Souvent dans les granites, et plus encore dans les pegmatites, les cristaux assez petits paraissent simples et offrent les faces p, g^1, et une face h^1 à cassure très inégale provenant de plans de séparation.

Couleurs : blanc, blanc rouge, rouge de chair, gris, vert, vert bleuâtre. Poussière : blanc gris. Éclat : vitreux, parfois perlé sur les faces de clivage. Transparence de tous les degrés. Dureté 6. — Densité :

2,5 à 2,6, environ 2,56. Action des acides nulle. L'orthose est décomposé aussi par le fluorure d'ammonium. Il contient théoriquement : 64,6 de silice, 18,5 d'alumine, 16,9 de potasse pour cent.

Variétés : 1° *Adulaire*, incolore, presque transparent ; 2° la *Sanidine*, adulaire des Trachytes, des Phonolites (sodifère).

Modifications de structure : lamellaire, *pétunzé* des Chinois ; grenue (Leptynite) ; compacte (Pétrosilex où l'Orthose est mélangé de Silice) ; vitreuse (Obsidienne et Ponce, Rétinite et Perlite).

L'Orthose a pour caractères dans les roches sa cassure luminaire, son éclat vitreux ou un peu nacré ; sa dureté plus grande que celle de l'acier ; sa fusibilité au chalumeau. Pour observer ce derner caractère, il faut en casser d'aussi petits fragments que possible, choisir parmi ces derniers ceux qui ont les arêtes les plus tranchantes, et qui offrent une pointe un peu vive, en placer un dans la pince de platine, donner un bon coup de feu à l'aide du chalumeau ; au bout de quelques instants l'on verra, en s'aidant d'une loupe, la pointe vive très nettement arrondie. Il colore la flamme extérieure d'un bec de Bunsenen jaune, parce qu'il renferme de la soude ; mais si on observe au travers d'un verre bleu un peu clair la coloration qu'il communique à la partie chaude de cette flamme extérieure, cette coloration tourne au rose, à cause de la potasse qu'il contient ordinairement en forte proportion.

Au microscope, dans les sections minces, l'Orthose transparent des roches montre les formes figurées ci-contre (fig. 132 à 136), quand il est cristallisé.

Ce sont, comme on voit, des rectangles, des hexagones allongés, quelquefois des carrés, ou bien des octogones.

Certains cristaux résultent du groupement de demi-cristaux groupés de chaque côté d'une ligne menée par le centre ou à peu près, parallèlement aux côtés ou quelquefois aux diagonales du rectangle ; les deux moitiés s'éloignent alors dans des directions différentes en lumière polarisée. La *Sanidine*, orthose vitreux des roches trachytiques, est quelquefois pure ; elle renferme souvent, au contraire, une foule d'inclusions ; des feldspaths dits *plagioclases*, dont il sera question plus loin, des microlithes, des matières vitreuses, quelquefois dévitrifiées. Les cristaux de Sanidine sont souvent fendillés en tous sens, parfois même cassés.

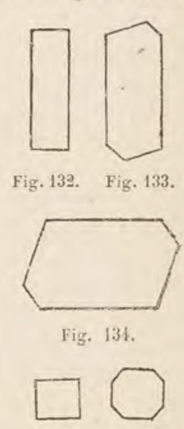


Fig. 132. Fig. 133.

Fig. 134.

Fig. 135. Fig. 136.

L'Orthose des granites offre assez rarement des contours bien définis ; les formes de ses grains dépendent généralement de celles que lui permettent les éléments voisins dans la roche dont il semble remplir les vides. Il est, au contraire, très fréquemment cristallisé dans les porphyres ; ses formes sont celles de la sanidine que nous avons représentées plus haut. Il renferme souvent des lamelles d'albite faciles à reconnaître par leurs stries de groupement et les bandes colorées parallèles qui les caractérisent en lumière polarisée.

Dans les pegmatites, appelées graphiques, on voit le fedspath et le quartz alterner en bandes parallèles dont les contours sont des lignes brisées (fig. 137).

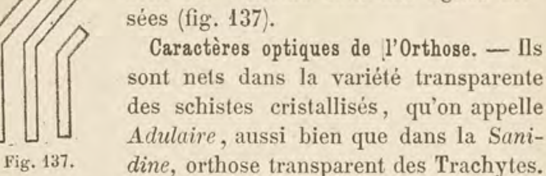


Fig. 137.

Caractères optiques de l'Orthose. — Ils sont nets dans la variété transparente des schistes cristallisés, qu'on appelle *Adulaire*, aussi bien que dans la *Sanidine*, orthose transparent des Trachytes.

Soit (fig. 138) ABCD la base ou face p des cristaux, plan du clivage facile, BDFH le plan de symétrie, ou plan g^1, à clivage encore très distinct, bien qu'un peu moins facile, et CDEF le plan h^1 ou antérieur. Soit αB' une parallèle menée par le point α, à la base p dans le plan DBFH. Dans ce dernier plan les deux lignes d'extinction ne diffèrent pas des axes d'élasticité. L'une $\alpha\alpha'$ fait avec αB' un angle de 4 ou 5° ; elle est inclinée d'environ 111 à 112° sur l'arête verticale DF ; l'autre ligne d'extinction $\gamma\gamma'$ est perpendiculaire à la précédente. Sur la face p, des deux lignes d'extinction l'une est un axe d'élasticité $\alpha\beta$, parallèie à CD (arête ph^1); l'autre, mn, perpendiculaire à $\alpha\beta$, est la projection de l'axe d'élasticité mené par le centre du cristal parallèlement à $\alpha\alpha'$. Sur le plan CDEF, ou h^1, une des lignes d'extinction est $\alpha\beta$ parallèle à l'arête

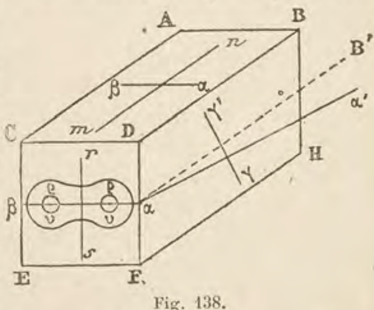


Fig. 138.

C D, c'est un axe d'élasticité ; l'autre est *rs* perpendiculaire à $\alpha\beta$, projection sur le plan h^1 de l'axe d'élasticité mené par le centre du cristal parallèlement à $\gamma\gamma'$. Une plaque à faces perpendiculaire à $\alpha\alpha'$ et à BDFH, montre deux systèmes d'anneaux colorés. Les couleurs y sont distribuées symétriquement, des deux côtés de $\alpha\beta$, par exemple ρ, ρ (rouge), d'un côté, υ, υ (bleu), de l'autre côté de cette ligne. C'est ce qu'on nomme en optique la *dispersion horizontale*, c'est-à-dire la disposition symétrique des couleurs par rapport à la ligne C D, horizontale de la base.

Les plans des axes optiques menés par le centre parallèlement à la diagonale horizontale CD se confondent avec le plan g^1, et les bissectrices aiguës de ces axes se dispersent dans ce plan, lorsqu'on porte les cristaux à la température du rouge ; en un mot, la dispersion devient *inclinée ;* les angles de ces axes varient aussi avec la température, et la modification devient permanente, si la température a été portée entre 600° et 1000° (Descloizeaux). Souvent on voit dans une même lame d'Orthose varier l'angle des axes optiques et même leur mode de dispersion. Mais sur la base, l'extinction a toujours lieu parallèlement aux arêtes pg^1 et ph^1.

La figure 139 représente un essai de reproduction d'Orthose, .par MM. Fouqué et Michel-Lévy, extrait de leur atlas. Le Feldspath a été obtenu en fondant un mélange de ses éléments chimiques et en le maintenant pendant quarante-huit heures à une température voisine de celle de fusion. Le réseau que montre la figure (à un grossissement de 30 diamètres en lumière polarisée, entre des nicols croisés) est com-

posé de lignes alternativement claires et obscures, alignées dans deux directions à angle droit.

MM. C. Friedel et Edmond Sarasin sont parvenus à

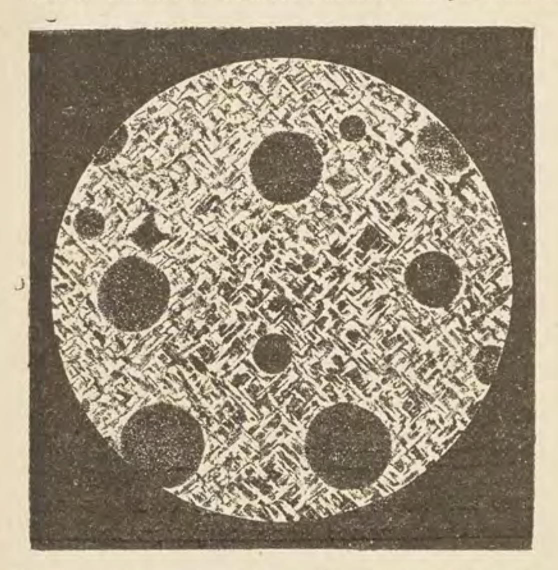


Fig. 139. — Orthose, reproduite par MM. Fouqué et Michel-Lévy.

reproduire l'Orthose en chauffant ensemble à une température inférieure au rouge un mélange d'alumine, de silicate de potasse et d'eau.

MICROCLINE.

M. Descloizeaux a montré que, dans un grand nombre des feldspaths rapportés à l'Orthose, les lignes

d'extinction sur le clivage parallèle à p se trouvent orientées autrement que ne l'exige la symétrie clinorhombique.

La forme géométrique des cristaux étant toujours celle de l'Orthose (fig. 140), soit K L diagonale inclinée de la base, $\alpha\beta$ la diagonale horizontale, BD, AC, les intersections de la base avec le pan latéral g^1. Dans le feldspath dont nous parlons, les lignes d'extinction ne sont plus parallèles aux deux diagonales KL, aa', comme dans l'Orthose; l'une de ces lignes fait un angle de 15° 20' avec l'arête BD, l'autre est inclinée sur cette arête sous l'angle complémentaire de 74° 40'.

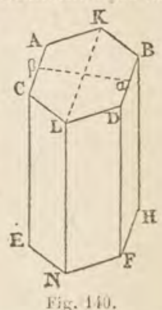


Fig. 140.

La base p n'est pas exactement perpendiculaire à la face g_6; mais la différence avec 90° ne dépasse pas quelques minutes. Breithaupt, qui avait observé cette déviation légère de la base sur les variétés appelées *amazonites*, avait donné à ces variétés le nom de *microclines*. M. Descloizeaux a étendu ce nom à tous les feldspaths ayant le type chimique et les formes cristallines de l'Orthose, à part la faible obliquité de leurs bases sur leurs pans, mais optiquement tricliniques. Sur le plan g^1, les lignes d'extinction offrent la même orientation que dans l'Orthose. Il est rare que les cristaux ou masses cristallisées de microclines soient simples et purs. Le plus souvent, la face de clivage facile apparaît au microscope comme une mosaïque à plages composées les unes de Microline, les autres d'Orthose, et traversées par des filons d'Albite, ou comme un quadrillage produit par l'entre-

croisement de nombreuses bandelettes de Microcline, les unes exactement parallèles, les autres perpendiculaires à deux ou trois degrès près à l'arête pg^1, encastrant çà et là des filets minces d'orthose et plus ou moins sillonnées de veinules d'albite. Le Microcline paraît le feldspath dominant des pegmatites et des granites.

La figure 141 représente une lame mince à faces parallèles de pegmatite vue à un grossissement de 50 diamètres en lumière parallèle, entre deux nicols; l'Orthose et l'Albite y sont à peu près éteints ; le Microcline s'y montre avec sa structure quadrillée. (Extrait de l'Atlas de MM. Fouqué et Michel Lévy.)

Albite : $Na^2OAl^2O^3$, $6SiO^2$.—La forme primitive, d'où dérivent les autres, est un prisme doublement oblique, souvent modifié. Les deux clivages, ordinairement les plus nets, y font entre eux un angle de 86° 24', et correspondent, le premier, nacré, à la base p ; le second, plus vitreux, à la face g^1. Les cristaux sont ordinairement accolés deux à deux, suivant cette face g^1, en se renversant l'un par rapport à l'autre, et ce groupement donne lieu à ce qu'on appelle la *gouttière* de l'albite (fig. 142). La dureté est légèrement supérieure à celle de l'Orthose. La densité moyenne est de 2,6. Elle s'élève quelquefois jusqu'à 2,63. La couleur varie du blanc de lait au vert, et même au

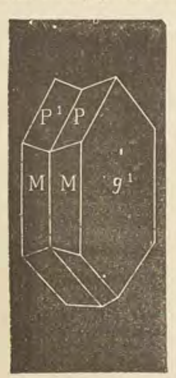


Fig. 142.

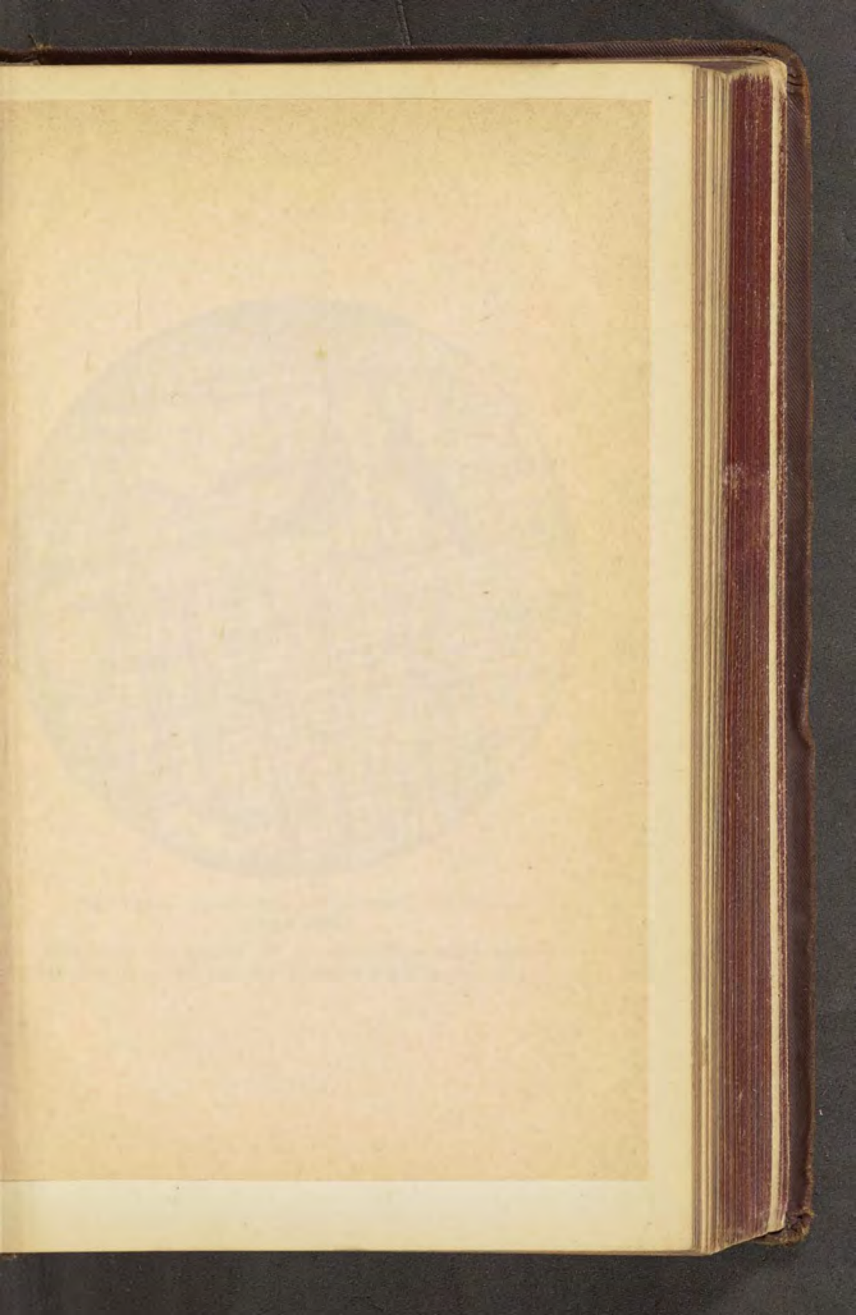




Fig. 141. — PEGMATITE D'OAK-CREEK, COLORADO.
(*Page 226.*)

Microcline (4), quartz (1). Le microcline taillé parallèlement à *p*, traverse par des filonnets d'albite (5).

rouge; elle est généralement blanche dans les roches. L'Albite colore la flamme en jaune, fond en verre bulleux, mais clair. Pour l'analyser, il faut la traiter par l'hydrate de baryte ou par le fluorure d'ammonium.

L'Albite contient théoriquement 68,57 de silice, 19,62 d'alumine, 11,81 de soude pour cent parties; mais souvent il y entre de petites quantités de potasse ou de chaux qui remplacent des quantités de soude équivalentes.

Caractères optiques de l'Albite. — *st* (fig. 143) étant l'intersection des deux bases *qrat*,*atuv*, et du plan de jonction *atx* des deux demi-cristaux d'un groupe, les lignes d'extinction *sl* et *sn* observées sur les deux bases font entre elles un angle de 7 à 8°, un angle d'environ 4° avec la ligne *at*. Deux autres lignes se voient à 90° des lignes *sl* et *sn*, une sur chaque base. Sur la face g^1, des deux lignes d'extinction, l'une *ib* se trouve inclinée d'environ 20° sur l'intersection *ai* de la base avec g^1, de 96°25' sur l'arête verticale *ia'* (arête mg^1); l'autre ligne d'extinction *ic* est perpendiculaire à la première (fig. 144).

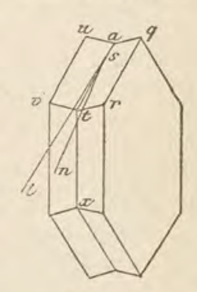


Fig. 143.

D'après M. Descloizeaux, la bissectrice aiguë est positive. La dispersion est horizontale; un des systèmes d'anneaux colorés a plus d'éclat que l'autre.

L'albite joue rarement le rôle d'élément essentiel dans les roches; mais elle forme souvent des sortes de filons ou de veines dans d'autres feldspaths, par

exemple dans le microcline et l'orthose; on voit au microscope que ces veines sont composées de lames qui présentent plusieurs fois de suite le groupement avec gouttière que nous avons décrit plus haut et qui suit ce qu'on appelle la *loi de l'Albite*.

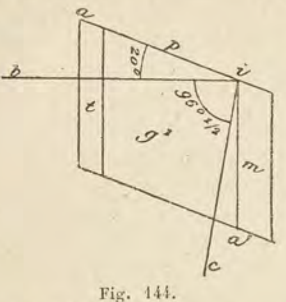


Fig. 144.

Un demi-cristal 2 se juxtaposant au demi-cristal 1 (fig. 145) en se renversant par rapport à lui, un demi-cristal 3 se comporte vis-à-vis de 2 comme celui-ci vis-à-vis de 1 ; il reprend donc la position de 1, et ainsi de suite ; on a une série successive de demi-cristaux 1, 3, 5, etc., alternes avec des demi-cristaux renversés, 2, 4, 6, etc. Souvent ces groupements se trahissent sur les bases des cristaux d'albite par des stries fines, parallèles. Si on regarde en lumière polarisée des plaques minces d'albite parallèles aux stries, on y voit des colorations différentes qui se répètent en bandes également parallèles et alternes, qui s'échangent contre les couleurs complémentaires, lorsqu'on tourne un des nicols de 90°. Ce caractère est commun aux feldspaths Anorthoses, appelés souvent aussi Plagioclases. Quelquefois l'accolement des deux cristaux a lieu suivant leur base commune, l'un des deux ayant tourné de 180° autour d'une parallèle à la grande diagonale de la base. C'est la loi de groupement qu'on nomme *loi du Péricline* (le Péricline est une variété d'albite).

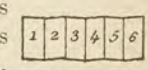


Fig. 145.

La figure 146 montre de très petits cristaux d'albite en faisceaux radiés, reproduits dans les mêmes conditions que ceux d'orthose.

Oligoclase. — On regarde en général sa composition

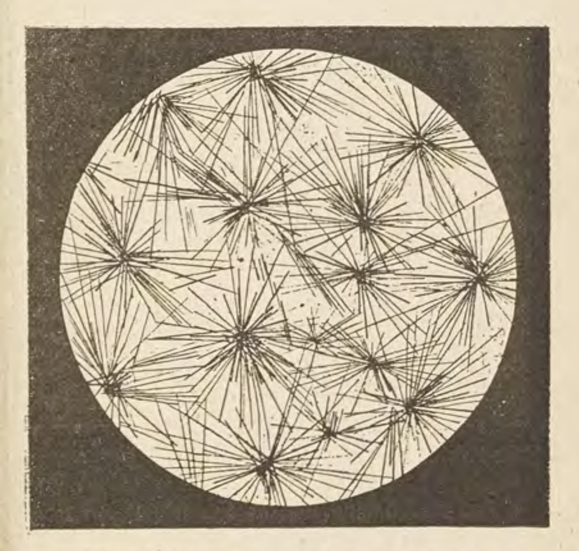


Fig. 146. — Albite reproduite par MM. Fouqué et Michel Lévy.

comme correspondant à la formule : $(Na^2, Ca, K^2)O$, $2Al^2O^3$, $9Sio^2$; mais la discussion des analyses permettrait souvent d'écrire : MO, Al^2O^3, $5Sio^2$. La proportion de silice y varie de 59,3 à 63,7 ; celle de l'alumine, de 21,7 à 26,35 ; celle de la soude, de 6,4 à 12 ; celle de la chaux, de 0 à 4,6 ; celle de la potasse, de 0 à 4.

La forme primitive de l'Oligoclase est très peu différente de celle de l'Albite.

Le plan du clivage le plus net (face *p*) à éclat vitreux, vif, est marqué de stries parallèles entre elles et à un plan de clivage de deuxième ordre, qui fait avec le premier un angle de 86° 10'. La cassure est dans les autres directions un peu esquilleuse, analogue à celle de la noisette. Les stries de la base proviennent d'un groupement qui a lieu suivant la loi de l'Albite, et qui se trouve ici répété un grand nombre de fois. La couleur de l'Oligoclase est d'un blanc grisâtre, verdâtre, jaunâtre, rougeâtre. La dureté est d'environ 6; la densité, d'environ 2,7, est assez différente de celle de l'Albite pour qu'on l'ait recommandée comme caractère distinctif. Au chalumeau, l'Oligoclase fond plus facilement que l'Albite en verre incolore; elle colore la flamme en jaune. Elle est à peine attaquable par les acides.

Caractères optiques de l'Oligoclase. — Sur une face parallèle à la base ou mieux au système de stries dont la base est généralement marquée, on a des lignes d'extinction dont l'angle normal avec la direction des stries paraît être 1 à 2° seulement, de sorte que tous les éléments du groupe s'éteignent en même temps; mais dans certaines variétés il atteint 3 ou 4°, comme dans l'albite, en sorte que ces lignes d'extinction observées sur deux demi-cristaux contigus peuvent faire entre elles un angle de 8 à 10°. Sur le plan du clivage difficile g^1, une des lignes d'extinction fait avec la base un angle qui n'est souvent que de 3 ou 4°, qui ne dépasse jamais 12°, tandis que dans l'Albite le même angle atteint au minimum 20°. D'après M. Descloi-

zeaux, autour de la bissectrice aiguë, qui est négative, la dispersion est nettement horizontale et se complique d'une dispersion inclinée.

L'Oligoclase est de tous les feldspaths le seul qui se trouve associé à l'Orthose dans les roches granitiques.

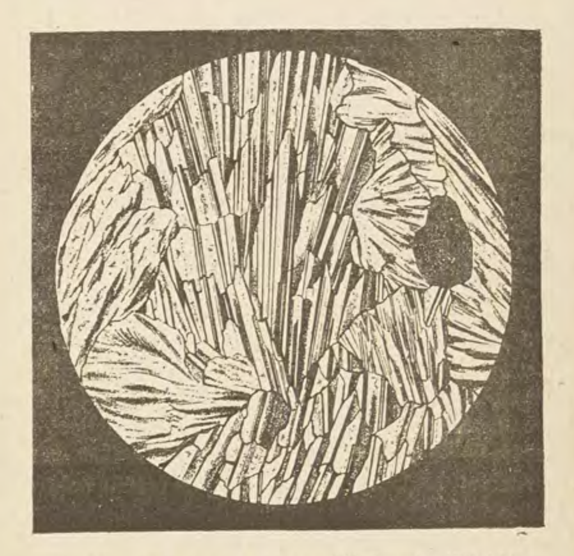


Fig. 147. — Oligoclase reproduite par MM. Fouqué et Michel Lévy.

Souvent les bases de ses cristaux continuent celles de l'Orthose, et l'on y observe aussi la loi du groupement signalée dans l'Orthose sous le nom de *loi de Carlsbad.*

L'Oligoclase est ordinairement escortée, dans les

roches, de silicates de magnésie et de fer plus ou moins alumineux : Micas, Chlorites, Amphiboles, Pyroxènes. Il représente en quelque sorte la moyenne des autres feldspaths, et se trouve associé à tous ; à l'Orthose, dans les syénites ; à l'Albite, dans les diorites ; au Labrador, dans les Mélaphyres. Parfois il forme dans les syénites le noyau d'un cristal, dont l'Orthose fournit l'enveloppe. Ou bien il entoure comme d'une auréole l'Orthose des granites de Finlande (granites de Rappakivi). Souvent une croûte jaune enveloppe les cristaux ; elle est produite par l'action de l'acide carbonique de l'air.

La figure 147 représente des microlithes fibreux suivant l'arête pg^1, s'éteignant parallèlement aux fibres sur les bords d'un culot d'Oligoclase obtenue dans des conditions analogues à celles de l'Orthose et de l'Albite.

Andésine. — On donne le nom d'*Andésines* à une série de feldspaths dont la composition chimique peut être rapportée à la formule $MO, Al^2O^3, 4SiO^2$, et dont les caractères optiques ne sont pas encore publiés.

Labrador : $(Ca, Na^2)O, Al^2O^3, 3SiO^2$. — La forme primitive reste toujours, bien entendu, un prisme doublement oblique.

Les cristaux sont rares ; la face du clivage le plus facile, à éclat vitreux (face p), fait avec une face de clivage moins net (face g^1) un angle de 86° 40'. La face p est sillonnée de stries de groupement comme celle de l'Oligoclase ; à ce groupement s'en ajoute un autre avec entre-croisement, comme dans l'Orthose. La couleur varie du gris au blanc grisâtre (cristaux des laves) et au gris verdâtre. Le Labrador brille souvent

de reflets splendides, bleus, verts, jaune d'or, rouge, sur les faces g^1.

Dureté 6 ; densité 2,68 à 2,74.

La proportion de silice n'y est plus que d'environ 53 °/₀.

Au chalumeau, le Labrador fond en émail blanc, plus facilement que les espèces précédentes ; il colore la flamme en jaune ; il est incomplètement désagrégé par l'acide chlorhydrique, même en poudre. L'acide sulfurique concentré bouillant le décompose plus facilement avec séparation de silice.

Caractères optiques du Labrador. — Sur la face du clivage p le plus facile ou sur une face parallèle aux stries dont la base est sillonnée, on voit en lumière polarisée deux lignes d'extinction inclinées chacune de 6 à 7° sur la direction des stries, et faisant entre elles un angle de 12 à 15°. Sur le plan du clivage g^1, des deux lignes d'extinction l'une se voit à 27°, mais elle est inclinée par rapport à la base en sens inverse de celui que présente la ligne analogue dans l'albite ; l'autre est à 90° de la trace du clivage p sur ce plan. A travers la face g^1, on aperçoit au microscope, dans le Labrador du Groenland, des lamelles brunes hexagônales, plus ou moins allongées, alignées la plupart suivant l'arête verticale mg^1, qui paraissent être des lamelles de fer oligiste. Dans le Labrador, sur cette face g^1, on remarque en général de nombreuses fentes parallèles à son intersection avec la base.

On voit que les angles des lignes d'extinction avec l'arête pg^1, intersection des deux clivages ordinaires des Feldspaths, permettent de distinguer l'Albite et le Labrador de l'Oligoclase au moyen de sections paral-

lèles à g^1. Les lignes d'extinction sur le plan g^1, la densité, la composition chimique rendent facile la distinction du Labrador et de l'Albite.

La figure 148 représente la reproduction du Labrador.



Fig. 148. — Labrador reproduit par MM. Fouqué et Michel Lévy.

Saussurite, appelée aussi *Jade*. — Alliée au Diallage et à l'Ouralite dans les Gabbros ou Grünstein; très tenace et très lourde; gris verdâtre, blanc verdâtre, presque mat. Finement grenue, elle montre quelquefois des stries de groupement. Dureté 5,5 à 6,5. Densité 2,79 à 3; 3,18 en Corse.

Facile à décomposer, le Labrador donne naissance à une argile calcaire ou à des marnes et à du bicarbonate de chaux soluble.

Anorthite, CaO, Al^2O^3, $2\,SiO^2$. — La composition théorique exige : 43,1 de silice ; 36,9 d'alumine ; chaux 20. Les cristaux de la Somma contiennent 5 % de magnésie. Les formes de l'Anorthite dérivent encore d'un prisme doublement oblique. Leurs deux clivages très nets sont inclinés l'un sur l'autre de 85° 48'. Ils sont en général incolores, transparents, à éclat vif,



Fig. 149. — Anorthite reproduite par MM. Fouqué et Michel Lévy.

nacré sur les faces de clivage. Ils sont facilement fusibles au chalumeau, et décomposés partiellement par l'acide chlorhydrique, avec séparation de silice.

Les figures 149 et 150 montrent la reproduction de l'Anorthite.

Espèces voisines des Feldspaths. — 1° Néphéline ($4Na^2O$,

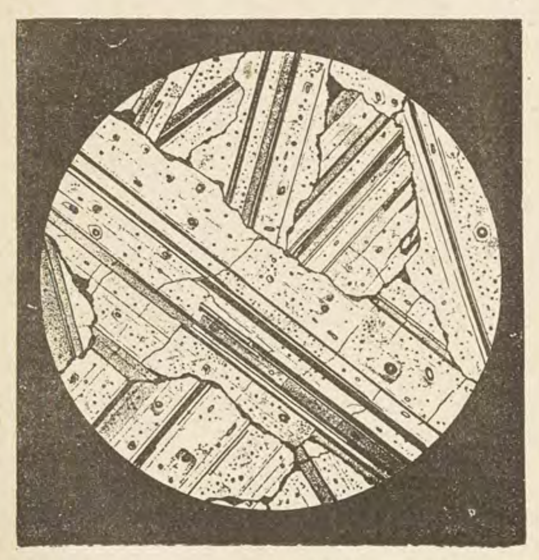


Fig. 150. — Anorthite reproduite par MM. Fouqué et Michel Lévy.

$4Al^2O^3$, $9SiO^2$). — Silicate d'alumine et de soude renfermant quelquefois un peu d'oxyde de fer. La forme est un prisme hexagonal, modifié quelquefois sur ses arêtes (fig. 151). Elle se clive difficilement suivant les faces M du prisme.

Les cristaux ont l'éclat vitreux. Ils sont transparents ou nébuleux; ils ont pour dureté 6, celle des feldspaths; pour densité 2,6. Au chalumeau, ils fondent en verre bulleux, assez difficilement; ils sont solubles dans les acides, avec dépôt de silice gélatineuse.

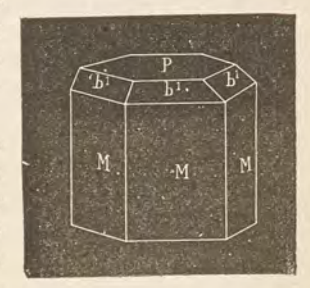
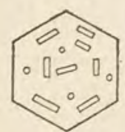
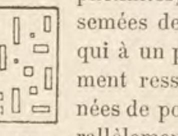


Fig. 151.

Au microscope, les plus petits cristaux sont bien conformés; leur section est quadratique ou hexagonale, suivant qu'elle est parallèle aux bases ou aux pans du prisme. Un peu épaisses, les lames offrent des colorations vives en lumière polarisée; quelques-unes (roches du Vésuve, de l'Eifel) contiennent de petites aiguilles verdâtres ou jaunâtres d'Augite, quelquefois de la Hornblende ou même de l'Apatite. D'autres (Néphélinites) se montrent comme semées de très petits prismes, qui à un plus faible grossissement ressemblent à des traînées de poussière alignées parallèlement au contour des lames (fig. 152 et 153). L'Apatite est en général plus aciculaire, et la Néphéline plus courte et plus large.


Fig. 152.


Fig. 153.

L'*Eléolithe* ou pierre grasse a des caractères extérieurs un peu différents de ceux de la Néphéline; éclat gras dans la cassure, tendant au nacre couleur

passant au brun, au vert, au rose, au rouge.

2° **Amphigène** : (K^2O, Al^2O^3, $4SiO^2$). — Synonyme : *Leucite* ou *grenat blanc*.

La forme est à peu près invariablement un solide à vingt-quatre faces quadrilatères disposées symétriquement quatre par quatre aux deux extrémités de trois axes rectangulaires. Elle ressemble à s'y méprendre à la forme appelée trapézoèdre dans le grenat.

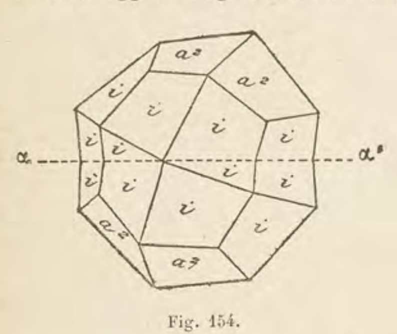


Fig. 154.

W. von Rath a montré que cette forme est une combinaison d'un octaèdre a^2 et d'un dioctaèdre modifiant un prisme primitif à section quadratique (fig. 154). L'Amphigène a la cassure conchoïdale vitreuse, des clivages nombreux, mais imparfaits. Elle est assez rarement incolore et limpide, souvent blanchâtre et même altérée en une sorte de Kaolin, parfois d'un rouge incarnat. Dureté 5,5 ; densité 2,5.

Elle est infusible au chalumeau, et attaquable par les acides, mais sans faire gelée. Elle est caractérisée au microscope par ses nombreuses inclusions microlithiques, aciculaires, rarement incolores, d'Augite et quelquefois d'Apatite, de Néphéline, de Noséane, de Grenat, de Magnétite, ou même de matières vitreuses, en général régulièrement distribuées suivant des directions parallèles aux côtés des cristaux (fig. 155). En

lumière polarisée on y distingue souvent deux systèmes entrecroisés de stries sombres et claires suivant une direction *aa'* plane qui coupe en écharpe les cristaux.

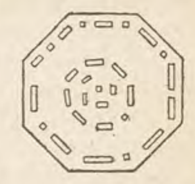


Fig. 155.

3° **Zéolithes.** — On donne ce nom à un ensemble d'espèces minérales dont la composition chimique offre beaucoup d'analogie avec celle des Feldspaths, mais qui en diffèrent surtout par leur teneur en eau. Ce sont des silicates hydratés d'alumine et d'oxydes alcalins ou terreux. En général, les proportions d'oxygène contenues dans les bases protoxydes réunies et dans l'alumine sont entre elles comme 1 est à 3; il n'y entre pas de magnésie.

Analcime :(Na^2O, Al^2O^3, $4SiO^2$, $2H^2O$). — Elle a pour densité 2,29, pour dureté 5,5; elle fond au chalumeau en verre limpide après s'être gonflée; elle se dissout dans l'acide chlorhydrique avec séparation de silice. Ses cristaux sont ordinairement des trapézoèdres ou des cubes modifiés par les faces d'un trapézoèdre a^2; mais leur action sur la lumière polarisée, les franges et même les anneaux colorés qu'ils montrent en lumière polarisée les font regarder par M. Mallard comme des groupes de cristaux biréfringents.

Parmi les Zéolithes on peut mentionner aussi la *Chabasie* (CaO, Al^2O^3, $4SiO^2$, $6H^2O$), la *Mésotype* (Na^2O, Al^2O^3 $3SiO^2$, $2H^2O$), et la *Stilbite* (CaO, Al^2O^3, $6SiO^2$, $6H^2O$), qui se gonflent et fondent ensuite au chalumeau, et qui sont attaquables par l'acide chlorhydrique avec dépôt de silice pulvérulente (Stilbite) ou gélatineuse Chabasie et surtout Mésotype.

La Chabasie cristallise, en rhomboèdres simples ou groupés; la Stilbite en prismes orthorhombiques accolés en forme d'éventail suivant le plan de symétrie g^1 largement développé ; la Mésotype en prismes également orthorhombiques, allongés, striés verticalement.

Ces matières, à l'exception de l'Analcime, ne jouent aucun rôle essentiel dans les roches.

Chlorites (*Micas talqueux*). — Substances intermédiaires entre les Micas et les Talcs. Celles qui entrent dans la composition des roches forment le plus souvent des masses feuilletées cristallines. Leurs cristaux sont presque invariablement des lamelles, des écailles hexagonales, douées d'un clivage parfait, assez facile et brillant, comme les Micas et les Talcs, divisibles en lames minces, flexibles, peu élastiques, d'un vert poireau, d'un vert olive, plus ou moins noirâtre, assez rarement bleuâtre, gras, très tendres, à poussière assez onctueuse au toucher.

Les unes ont une densité moyenne d'environ 2,8. Elles donnent de l'eau dans le tube fermé; elles sont décomposables par l'acide sulfurique concentré; elles le sont aussi par l'acide chlorhydrique bouillant. Au chalumeau, elles sont plus ou moins facilement fusibles en émail noir magnétique, suivant qu'elles contiennent plus ou moins de fer. Composition de la Chlorite écailleuse de Saint-Christophe, en Dauphiné, par Marignac : Silice 26,88 ; alumine 17,52 ; fer oxydulé 29,76 ; magnésie 13,84 ; eau 11,33.

Elles comprennent les **Ripidolithes** (*chlorites écailleuses*), et l'on y rattache maintenant l'*Eisenchlorite* ou *Delessite*.

Les autres (**Clinochlores**), beaucoup moins riches en

oxydes de fer, ont une densité toujours inférieure à 2,8 ; elles sont moins facilement fusibles au chalumeau, où plusieurs de leurs variétés s'exfolient : leur couleur verte tire plus généralement sur la nuance de l'émeraude, et leurs caractères optiques les font rapporter au système du prisme oblique à base rhombe ; mais leurs propriétés extérieures ne les distinguent pas des précédentes. Elles sont décomposées par l'acide chlorhydrique concentré après une ébullition prolongée ; plus facilement par l'acide sulfurique.

Enfin, l'on en distingue encore les *Pennines*, rhomboédriques optiquement comme par leurs formes, mais dont les rhomboèdres aigus ont aussi le clivage basique, l'éclat gras et les propriétés générales des Chlorites.

Les Chlorites écailleuses forment des masses à fibres enchevêtrées, parfois des sphères à structure radiée. Les espèces de ce groupe sont en général assez légèrement dichroïques.

Ottrélite. — Silicate d'alumine de fer et de magnésie, hydraté, cristallisé en tables hexagonales, clivables parallèlement à leurs bases ; d'un gris noirâtre, d'un éclat un peu gras, un peu translucides, de densité supérieure à 4, plus dures que la pointe d'un burin, difficilement fusibles en émail noir magnétique, décomposables par l'acide sulfurique bouillant.

Paragonite : $(Na^2, K^2, H^2)O, Al^2O^3, 2SiO^2)$. — Elle a pour densité 2,77, une dureté voisine de celle du gypse ; elle fond facilement au chalumeau ; elle est attaquable par l'acide sulfurique concentré. Elle se présente à Monte-Campione, Saint-Gothard, en masses formées d'écailles blanches, onctueuses au toucher

comme du talc, qui renferment du quartz et surtout de beaux cristaux de Disthène bleu et de Staurotide rouge. Au microscope, on voit que ces écailles sont composées de fibres, à section transverse hexagonale, allongées, groupées tantôt parallèlement les unes aux autres, tantôt divergentes à leur extrémité libre, et colorées très vivement en lumière polarisée. A Changé, près Mayenne, Laval, nous avons observé une bande de schistes formés d'une matière analogue, décomposable à un fort grossissement en fibrilles courtes, qui s'éteignent parallèlement à leur longueur et brillent aussi des couleurs les plus vives entre deux nicols en lumière parallèle.

Micas. — Silicates d'alumine et de potasse avec ou sans Magnésie. Dans un assez grand nombre, il entre du Fluor, de la Lithine, de la Soude, et même, dans quelques-uns, de très petites quantités de Cæsia ou de Rubidia. La forme cristalline primitive est un prisme droit à base rhombe de 120° (fig. 156). Ce prisme est modifié presque constamment et prend l'apparence d'un prisme hexagonal régulier.

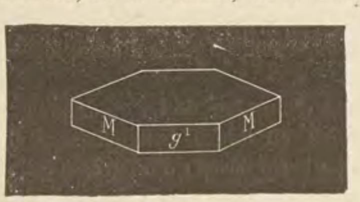


Fig. 156.

Clivage parfait suivant la base, tellement facile que les cristaux se clivent d'eux-mêmes et apparaissent dans les sables et dans les roches qui résultent de la désagrégation des roches cristallines, dont le Mica est un élément essentiel, sous la forme de petites lamelles

hexagonales. Les lamelles sont flexibles et élastiques; l'éclat en est vif, parfois un peu huileux, nacré sur la base. Il suffit de placer une lame de Mica sous le microscope d'Amici, pour y apercevoir nettement les anneaux colorés des cristaux à deux axes optiques, dont la bissectrice aiguë est toujours perpendiculaire à la base des cristaux. L'angle des axes varie de 0° à 4°, dans les Micas magnésiens, micas 1-taxes de Biot, **Biotites** ; de 5° à 20° dans les **Phlogopites** ; de 45° à 75° dans les **Muscovites**.

Plusieurs minéralogistes ont admis avec Biot les Micas à 1 axe comme réellement hexagonaux ; j'ai observé que la courbe des conductibilités pour la chaleur sur la base des cristaux optiquement uniaxes est toujours une ellipse, comme sur celle des cristaux biaxes, bien que l'excentricité en soit peu considérable. Les Micas **Muscovites**, très peu riches en Magnésie, fondent en émail blanc ; ils sont difficilement attaquables par l'acide chlorhydrique. Ce sont ceux dont l'éclat est le plus vif. Leur couleur varie du blanc argentin, jaunâtre, au jaune d'or, au brun, au rouge, au vert, au rose, au noir. Ils entrent comme élément essentiel dans les granites, les gneiss, les micaschistes. L'on doit y rattacher les *Lépidolithes*, qui contiennent de la Lithine, de l'oxyde de Rubidium, et qui colorent la flamme, au moment de leur fusion, en rouge pourpre. Ils sont attaquables après fusion par l'acide chlorhydrique, avec dépot gélatineux de Silice.

Au microscope, leurs paillettes, généralement presque incolores en lames minces, se colorent des plus belles teintes en rouge et en jaune principalement. Lorsque les cristaux se trouvent coupés dans les

sections où on les observe par des plans obliques à leurs bases, ils présentent des stries nombreuses parallèles aux traces de ces bases sur la section.

Biotites. — Micas riches en magnésie, de couleur noire ou d'un brun foncé, attaquables par l'acide sulfurique concentré, avec résidu de paillettes nacrées de Sicile. Au microscope, en sections minces, les Biotites sont souvent striées ; elles sont très dichroïques ; les variétés noires en lumière polarisée sont brunes ou d'un rouge carmin.

Une variété qui s'y rattache est le mica Rubellane, d'un rouge rosé, opaque ou noir. Le Mica magnésien s'altère plus facilement que le potassique, et s'exfolie en paillettes innombrables.

L'on rapproche des Micas un certain nombre de substances qui ont une direction à peu près unique de clivage facile, un éclat vif, souvent nacré sur cette face de clivage, qui se présentent en lamelles hexagonales, dans lesquelles le rapport des quantités d'oxygène de la silicie et des bases réunies est égal à l'unité, mais qui renferment de l'eau; ce qu'on l'on reconnaît facilement quand on les chauffe dans le tube bouché.

Damourite, Delesse. — Silicate d'alumine et de potasse hydraté, en écailles blanches ou jaunâtres, à éclat nacré. Au chalumeau, elle se gonfle et fond difficilement en émail blanc. Elle est entièrement décomposée par l'acide sulfurique concentré. Densité 2,79.

Séricite. — Elle est composée de Silice 50, acide titanique 1,59, alumine 23,65, protoxyde de fer 8,07, potasse 9,11, soude 1,75, magnésie 0,93, chaux 0,63,

fluor 1,22, acide phosphorique 0,31, eau 3,44, ce qui donne un total de 100,70, d'après l'analyse de M. List. Ses écailles soyeuses, ondulées, se clivent facilement suivant une direction; au chalumeau elles s'exfolient, et fondent sur les bords avec un vif dégagement de lumière; elles s'attaquent par les acides; elles ont la dureté du talc, une densité de 2,9. Au microscope ces écailles apparaissent composées de petits fibres serrées parfois feutrées, sensiblement dichroïques.

Elle ne diffère de la paragonite que par sa faible teneur en soude.

Caractères comparés des substances micacées ou talqueuses au microscope.

Les micas sont très irisés; ils offrent ordinairement des lamelles à contours irréguliers, ou des fibres parallèles, suivant que la section est paralléle ou oblique par rapport à la base.

Le talc forme des cristaux groupés autour d'un centre; la séricite, des lamelles ou des fibres enchevêtrés ou radiées.

SILICATES RENFERMANT DU TITANE, DU BORE, DU SOUFRE, DU CHLORE OU DU FLUOR, ETC.

Sodalithe : ($3Na^2O$, $3Al^2O^3$, $12SiO^2$, 2Nacl). — Silicate d'alumine et de soude combiné à du chlorure de sodium. Cristaux vitreux, incolores, d'un vert d'herbe, d'un bleu d'azur, perdant au feu cette couleur, fusibles en verre incolore; solubles dans les acides, en faisant gelée. Dureté 5,5. Densité 2,29. Forme : le dodécaèdre rhomboïdal (fig. 157) ordinairement très allongé dans la direction d'un de ses axes octoédriques. Clivages : pa-

rallèles aux faces du dodécaèdre rhomboïdal. Pulvérisée avec du sel de phosphore et de l'oxyde de cuivre, la sodalithe colore en bleu la flamme du chalumeau.

Haüyne, silico-sulfate d'alumine, de chaux et de soude. — Les cristaux ordinairement bleus appartiennent au système cubique et se clivent suivant les faces du dodécaèdre rhomboïdal; ils sont difficilement fusibles au chalumeau; fondus sur le charbon avec du carbonate de soude, ils donnent du sulfure de sodium qui dégage de l'hydrogène sulfuré, lorsqu'on le traite par de l'eau acidulée.

On rapporte à cette espèce une matière appelée *noséane*, qui a une composition chimique très voisine, et des clivages identiques.

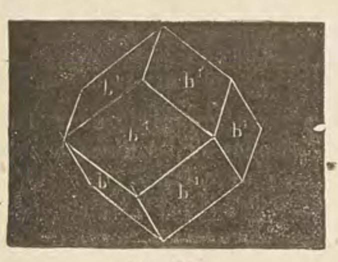


Fig. 157.

La Noséane, qui joue un certain rôle dans les laves à sodalithe du lac de Laach dans plusieurs leucitophytes ou phonolithes, a pour caractère spécial au microscope une disposition en quelque sorte des parties claires et obscures dans ses cristaux à contours quadratiques, hexagonaux, souvent dissymétriques suivant la direction des sections qu'on y pratique ou la régularité plus ou moins grande de leur conformation. Quelquefois leur contour opaque enferme une région claire au milieu de laquelle on distingue un grain plus foncé; ou bien la section, à

peu près transparente est comme divisée en compartiments symétriques par des rayons obscurs.

Topaze : SiO^4 Al^2Fl^2 su Al^2O^3 $Si(OFl)^2$, suivant qu'on regarde le Fluor comme remplaçant l'oxygène de l'alumine ou celui de la Silice. Elle perd, lorsqu'on la chauffe, du fluorure de Silicium. Prisme orthorhombique $mm = 124°17'$; $pb^1 = 134°25'$; pe^1 136° 21, clivage basique (fig. 158). Lorsqu'on interpose une plaque de topaze obtenue par le clivage entre les nicols du microscope polarisant, l'on y observe les anneaux colorés des cristaux à deux axes optiques; le plan de ces axes est parallèle à g^1.

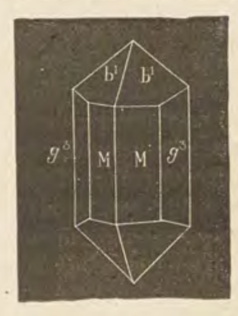


Fig. 158.

Éclat vitreux, très vif. Couleurs : jaune roussâtre, jonquille, jaune caractéristique, appelé jaune de topaze; rose pourpré (rubis du Brésil); rose ou violent pâle, lorsqu'on les a chauffées (Topazes brûlées). Ces couleurs sont ordinairement celles des cristaux du Brésil. La matière colorante s'y trouve souvent comme condensée, tantôt au centre et tantôt suivant des bandes trapéziennes de nuances quelquefois différentes. Les cristaux de Saxe sont d'un jaune paille ou languissant, d'un blanc jaunâtre. Ceux de Sibérie sont plutôt d'un blanc bleuâtre ou verdâtre. Il y en a aussi d'incolores (gouttes d'eau). La Topaze raie facilement le quartz; elle a pour dureté 8; pour densité environ 3,52. Le clivage est basique. Elle est infusible au

chalumeau. Chauffée, elle se couvre de petites bulles.

Les cristaux de Topaze sont très riches en inclusions formées, soit d'un liquide qui paraît être de l'eau plus ou moins chargée de substances salines (sel gemme), soit d'un fluide très expansible, dont l'indice de réfraction est 1,1311 (galets de Topaze du Rio Belmonte, au Brésil, d'après Brewster).

Tourmaline. — Borosilicate d'alumine et de soude, de magnésie ou de lithine. Certaines espèces renferment beaucoup de fer et ce sont les plus répandues dans les roches. Elles sont cristallisées en prismes à 9, à 12 faces, terminées par des sommets rhomboédriques souvent dissemblables (fig. 159).

Elles sont généralement noires et fondent en scorie. La dureté est un peu supérieure à celle du quartz ; la densité est d'environ 3,2. Les tourmalines noires sont brunes, lorsqu'elles sont très minces. Elles sont ordinairement bacillaires.

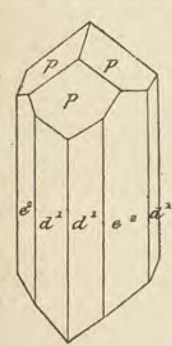
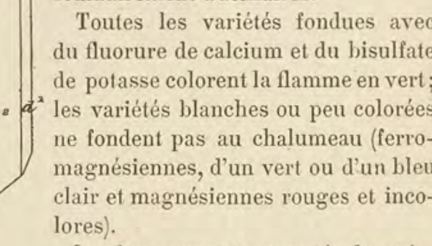


Fig. 159.



Toutes les variétés fondues avec du fluorure de calcium et du bisulfate de potasse colorent la flamme en vert ; les variétés blanches ou peu colorées ne fondent pas au chalumeau (ferro-magnésiennes, d'un vert ou d'un bleu clair et magnésiennes rouges et incolores).

Les deux sommets opposés des cristaux de Tourmaline offrent des électricités de signes contraires, lorsqu'après les avoir échauffés on les laisse refroidir, ou pendant qu'on les échauffe, ou même lorsqu'ils subissent une pression.

C'est la propriété que possède la Tourmaline d'attirer les corps légers lorsqu'elle est chaude, qui l'avait fait appeler autrefois Tire-cendres.

Sphène. Silico-titanate de chaux ($CaOSiO^2CaOTiO^2$). — Soluble en poudre fine dans l'acide sulfurique concentré, ou mieux dans l'acide fluorhydrique, le sphène fond, en bouillonnant, au chalumeau. Avec le sel de phosphore il forme, à un feu soutenu et vif, une perle qui, additionnée d'étain, devient d'un bleu violacé à la flamme réductrice. Il a pour dureté 5,5, pour densité 3,6.

Il cristallise en prismes obliques de 113°30'. La base p est inclinée de 119°43 sur le plan h^1 antérieur. Les cristaux sont ordinairement groupés suivant ce plan et allongés parallèlement à la diagonale horizontale de la base. L'angle rentrant produit par le groupement fait donner au groupe le nom de sphène canaliculé; on en compare aussi la forme à la quille d'un bateau.

Les cristaux sont transparents et verts ou en partie verts et en partie rouges, ou bien d'un jaune verdâtre (sphène du Saint-Gothard); la variété appelée Lédérite ferrifère est brune et seulement translucide; une autre, rosée, la Greenovite, a la poussière rougeâtre. Les cristaux transparents ont l'éclat adamantin.

Au microscope, les sections des cristaux sont des rhombes ou des hexagones allongés,. rarement des octogones; quelquefois des triangles. Ils offrent le plus souvent, les rhombes suivant leur grande diagonale, et les triangles suivant leur long côté, une ligne fine qui est la trace du plan de jonction des deux demi-cristaux du groupe sur le plan de la section.

Dans les roches trachytiques les cristaux sont plus clairs, et dans les syénites plus foncés. La dispersion des axes optiques y est très forte; au travers d'une plaque, inclinée sur la base de 152° et sur la face antérieure *h'* d'environ 122°, en un mot parallèle à la face o^1 des cristallographes, on aperçoit deux systèmes d'anneaux colorés et, pour une orientation convenable de la plaque, des hyperboles à sommets symétriquement colorés en rouge et en bleu vifs.

Les cristaux un peu colorés et un peu épais montrent un dichroïsme assez prononcé; les couleurs varient du vert au rouge hyacinthe dans le sphène du Zillerthal, Tyrol.

Axinite. — Silicoborate d'alumine, de fer, de chaux, demanganèse. Au chalumeau, l'Axinite se gonfle et fond en perle verte qui devient noire au feu oxydant. Avec le carbonate de soude, elle donne la réaction du manganèse, un manganate de soude vert; avec le spath fluor et le bisulfate de potasse, du fluorure de bore qui colore la flamme en vert émeraude. Elle fait gelée dans l'acide chlorhydrique après fusion.

Les cristaux sont des prismes doublement obliques auxquels l'acuité de leurs angles donne la propriété de couper comme du verre ceux qui les empoignent sans précaution. C'est là l'origine du nom de l'Axinite.

Ces cristaux sont en général violacés, quelquefois comme teints en vert par la chlorite qui les imprègne. En lames minces, ils sont violacés ou presque incolores. Ils sont sensiblement dichroïques. Si on regarde certains cristaux à travers une face perpendiculaire

à un axe optique, à l'œil nu, on y observe deux hyperboles, l'une violette et l'autre rousse.

Ils ont pour densité 3, 3, pour dureté 6, 5 à 7.

Ils sont pyro-électriques.

CHAPITRE III

ROCHES FELDSPATHIQUES

1° TYPE GRENU à Orthose dominant avec Quartz.

1. **Granite** (*Granit*, all.). — Agrégat ou assemblage de cristaux de **Feldspath**, de **Quartz** et de **Mica**. L'espèce principale de Feldspath est l'*Orthose* blanc ou d'un blanc grisâtre, jaunâtre, rougeâtre, rose, d'un rouge de chair ou d'un rouge foncé, rarement vert; il se distingue par sa cassure plane et brillante, à éclat perlé par ses contours souvent peu réguliers, mais où l'on reconnaît pourtant des rectangles ou des parallélogrammes allongés. Le Quartz y est toujours en grains informes, anguleux, blancs, d'un gris de fumée, très rarement bleuâtres ou rouges, à cassure inégale, à éclat vitreux et gras. Au microscope, il apparaît criblé de petites cavités, qui renfermeraient, d'après Sorby, de l'eau contenant en dissolution des chlorures ou des sulfates alcalins. Le Mica y forme des lamelles souvent hexagonales, brillantes, blanches ou noires, plus rarement d'un jaune d'or, ou vertes, faciles à détacher au moyen d'un canif, en paillettes élastiques. Les micas potassiques et les magnésiens s'y trouvent rarement

associés en quantités également importantes; il n'en est pas de même de l'orthose et des plagioclases.

Souvent l'orthose est accompagné d'oligoclase d'un blanc gris, d'un blanc verdâtre, moins translucide, plus riche en soude, à éclat plus ou moins gras; les deux sortes de Feldspaths peuvent s'envelopper mutuel lement; parfois ils cristallisent ensemble en s'accolant suivant le plan du clivage moins facile (g^1). En Finlande, on appelle *Rappakivi* les granites où l'oligoclase et l'orthose se groupent ainsi en zones plus ou moins concentriques.

L'orthose renferme rarement des inclusions; en général, il n'est guère mieux cristallisé que le quartz; ses contours, lorsqu'il en présente de réguliers, sont ceux de la variété adulaire. Il est rarement frais; très souvent, en effet, le centre en est trouble et semblele point de départ de l'altération appelée kaolinisation. Les cristaux renferment du mica, du kaolin, quelquefois de l'épidote, rarement des Microlithes.

A côté, ou même quelquefois presque à l'exclusion de l'orthose, on voit dans les granites le feldspath que M. Descloizeaux a séparé des autres sous le nom de *Microcline*, à cause de ses propriétés optiques. Le microcline constitue la masse des beaux cristaux verts qu'on classait parmi les variétés d'orthose sous le nom d'Amazonite (granites de Tschebarkul, lac Ilmen), celle aussi des cristaux rouges qui forment, avec de l'oliglo-clase d'un gris verdâtre, du quartz un peu grisâtre et du mica noir, le granite rouge d'Égypte, ordinairement confondu parmi les syénites. Le Microcline forme, dans l'orthose du granite de Baveno, de larges bandes transparentes, hémitropes, qui se croisent sous des

angles de 115 à 116°. Il y est associé à l'albite. On le retrouve dans le granite de Chanteloube (Puy-de-Dôme), dans un granite porphyroïde des environs de Royat (Puy-de-Dôme), et dans un grand nombre de granites français ou étrangers. La présence ou l'absence du Microcline dans ces roches deviendra sans doute, dans les nomenclatures de l'avenir, un caractère utile pour la distinction de ces roches qui ont joué des rôles divers dans des âges bien différents. Déjà certains éléments qui s'y ajoutent au Feldspath et au Quartz, tels que la Tourmaline, l'Amphibole ou l'Augite, ont permis de désigner bien des variétés.

Delesse a obtenu les proportions suivantes pour les éléments essentiels du granite rouge d'Égypte : orthose rouge, 43; oligoclase blanche, 9; quartz, 44; mica noir, 4.

Durocher, *Recherches sur la cristallisation des roches granitiques* (*Bull. Soc. géol.*, 2e série, t. IV, p. 1040), a également exprimé la quantité relative de ces éléments pour plusieurs granites : Granite de Bécanne près Combourg (Ille-et-Vilaine); Feldspath, 45 %; Quartz, 35; Mica, 20 (ces rapports lui paraissent à peu près normaux); Granite de Hédé, même département : Feldspath, 20; Quartz, 20; Mica, 60. La densité des granites est d'environ 2,6 à 2,7; l'oxygène de la silice étant pris pour unité, celui des bases pèse en moyenne 0,26.

Eléments accessoires : **Chlorite** (*Granite chloriteux*); **Hornblende** (*Syenitgranit* des Allemands); **Fer oligiste**, en paillettes (*Eisengranit*); **Cordiérite** (*Cordieritgranit*); **Pinite**, en prismes à faces latérales assez nombreuses, d'un gris jaunâtre ou verdâtre ; **Albite**, d'un blanc de lait, montrant ordinairement la gouttière caractéris-

tique ; **Épidote** (*Epidotgranit*), en petits cristaux aciculaires jaunes ou verdâtres ; **Graphite** (*Graphitgranit*), en lamelles molles, tendres, qui remplacent une plus ou moins grande partie de Mica ; **Tourmaline** remplaçant le Mica dans la *Bérésite* de M. Pisani. Les minéraux accidentels dans ce granite sont en général peu abondants, mais d'espèces très nombreuses. On peut citer la Wernérite, l'Émeraude, la Topaze, la Tourmaline, le Zircon, les Grenats, puis l'Andalousite, l'Orthite, l'Allanite, la Gadolinite, l'Épidote, la Fluorine, l'Or natif, la Pyrite, la Cassitérite, l'Uranite, la Chalkolite, etc.

Variétés : **Granite homogène**, dans la masse duquel les espèces minérales qui le constituent gardent des dimensions constantes; **Granite porphyroïde**, auquel certains cristaux de Feldspath orthose, plus développés que les autres, et souvent d'une autre nuance ou d'un éclat différent, donnent l'aspect d'un porphyre. Suivant la grosseur des éléments dans la masse, on distingue aussi des *granites à grandes parties* où les cristaux atteignent quelquefois la grosseur du poing, et des *granites à grains fins*, dont les éléments dépassent à peine la grosseur d'un grain de millet.

Un certain nombre de roches qui ont réellement la composition du granite doivent un facies compacte et quelquefois presque porphyrique à la petitesse de leurs grains, telle qu'on ne peut plus les déterminer qu'à l'aide des plus forts grossissements du microscope. On appelle *microgranites* ces roches qui sont en quelque sorte l'expression atténuée des granites.

Classification des Granites. — Les auteurs allemands, M. Rosenbusch en particulier, avaient remarqué que dans les associations de cristaux dont se composent

les roches éruptives, certains éléments tranchent par la netteté de leurs contours, en même temps que par leur altération ou par leurs dislocations, sur les autres qui se moulent sur eux, les englobent et semblent remplir leurs vides. Il est évident que les premiers se sont formés avant les seconds.

M. Michel Lévy a divisé la série des temps où chacun des éléments s'est consolidé en deux époques. La première époque est celle des grands cristaux, le plus souvent brisés et corrodés ; la seconde celle où le magma qui restait de la roche a cristallisé autour du mélange fragmentaire précédent. Pour les roches granitiques, l'ordre de consolidation dans la première époque a été le suivant (en commençant par l'élément le plus anciennement formé) : *Mica noir, Oligoclase, Orthose*. Mais dès ce temps il s'est établi une distinction dans la masse solidifiée. Du *Quartz* cristallisait dans certains granites, tandis que d'autres passaient immédiatement à leur seconde phase de consolidation où se sont formés du *Mica noir*, de l'*Oligoclase*, de l'*Orthose* et du *Quartz bipyramidé*. M. Michel Lévy appelle *granulites* ceux qui renferment à la fois du quartz bipyramidé des deux époques, et *granites* ceux qui ne contiennent que du quartz de la seconde, celui-ci étant qualifié de *récent* par rapport au premier qui est le quartz *ancien*.

Les granites ont pour éléments des cristaux en débris (Mica noir, Amphibole, Oligoclase, Orthose), enveloppés par le magma qui est cristallisé lui-même et composé d'Orthose et de quartz récents. L'Orthose récent s'y distingue de l'ancien par l'étendue de ses plages irrégulièrement terminées, par son mode d'alté-

ration qui consiste en longues traînées, rectilignes, parallèles, de matière trouble; il est antérieur au quartz, mais il joue le rôle de pâte par rapport aux autres débris. Ceux-ci, serrés les uns contre les autres, forment entre des nicols croisés des mosaïques brillamment colorées.

Les granulites sont formées de débris à peu près égaux de Quartz et de Feldspaths anciens, cimentés en général par un quartz récent qui tend à cristalliser en grains hexagonaux à bords irréguliers. Souvent il y a plus d'oligoclase que d'orthose, et les deux feldspaths sont vitreux. Le mica noir, l'amphibole et la tourmaline ne sont pas rares; le mica blanc est en quantité variable (fig. 160).

Les inclusions du quartz sont dihexaédriques et renferment des bulles mobiles ou des bulles fixes entourées d'anneaux noirs très épais (1).

On appelle *microgranites* et *microgranulites* les granites et granulites dont les éléments, tout en conservant leur disposition relative irrégulière et des dimensions à peu près égales, deviennent si ténus qu'on ne peut plus les discerner qu'au microscope.

Dans leur grand ouvrage sur la minéralogie micrographique, MM. Fouqué et Michel Lévy ont adopté ces désignations générales. Ils appellent *roches granitoïdes* les roches éruptives dont les éléments, cristallisés en majeure partie pendant le second temps de consolidation, ne comprennent ni microlithes de cette époque, ni

(1) Michel Lévy, *Mémoire sur la structure microscopique des roches anciennes* (Bull. Soc. géol. de France, 3e série, t. III, p. 199).

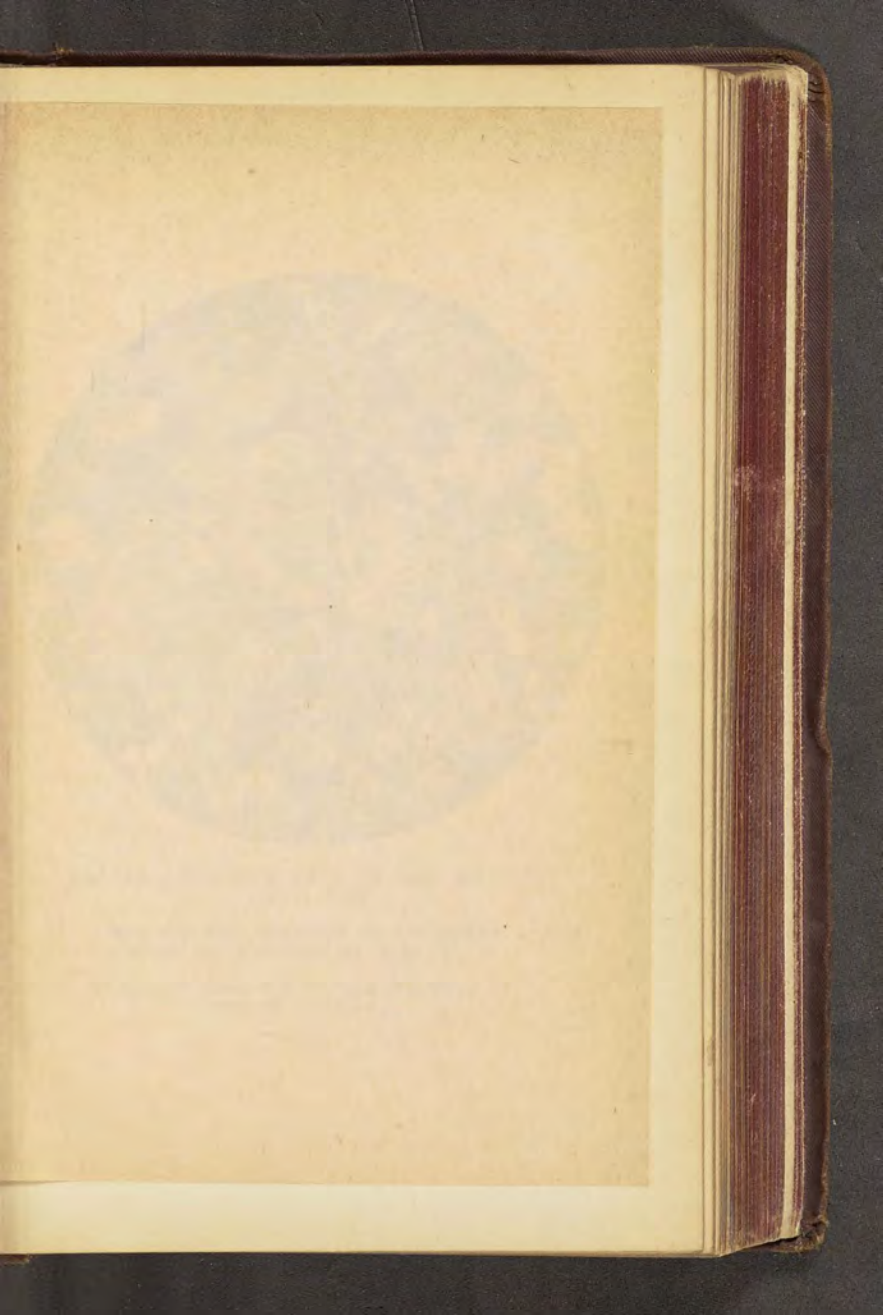




Fig. 160. — GRANULITE DE GRAPE-CREEK (COLORADO).
(*Page 256.*)

I. — Mica noir (19), oligodase (6), fer oxydulé, apatite.
II. — Orthose (3), microcline (4), quartz (1).

(*Photographie d'après MM. FOUQUÉ et MICHEL LÉVY, Atlas, Pl. VII, fig. 2.*)

parties amorphes. L'élément blanc qui les caractérise est alcalino-terreux. Dans ce groupe les roches granitiques se distinguent par leur teneur en silice libre et en Orthose. Celles enfin des roches granitiques qui ont le mica noir pour élément ferro-magnésien dominant sont les granites proprement dits, divisés en *granites*, *granulites*, *microgranulites anciens*, c'est-à-dire antérieurs au terrain tertiaire, et *granulites*, *microgranulites récentes*, c'est-à-dire d'âge tertiaire.

La *Pegmatite* n'est qu'une variété de granite dont les éléments ont cristallisé simultanément et montrent un allongement régulier (fig. 161).



Fig. 161. — Micropegmatite d'après l'Atlas microphotographique de M. Cohen.

MM. Fouqué et Michel Lévy appellent *granites à amphibole*, *granulites*, *microgranulites à amphibole*, les granites et granulites anciens où l'élément ferro-magnésien dominant est l'amphibole, et granulites, microgranulites récentes, les mêmes roches d'âge tertiaire. Il y a une série analogue de *granites*, *granulites* et *microgranulites à Pyroxène*, où le Pyroxène est l'élément ferro-magnésien

dominant; à cette série est annexée celle des granulites et microgranulites récentes à Pyroxène; enfin, les roches granitiques comprennent une dernière série où la Diallage joue le rôle du Pyroxène proprement dit, et qui n'a offert que des microgranulites récentes à Diallage.

M. Rosenbusch admet cinq types différents de granite:

1° *Les granites à muscovites.* Éléments : Quartz, Orthose, Plagioclase, Mica potassique. Variétés principales : *Pegmatite* à grains volumineux, *Aplite* à grains très fins. Ils forment ordinairement des filons.

2° *Granitites.* Moins de Quartz et de Silice, plus de Plagioclases que dans les précédents. Ils tendent vers la structure schisteuse. Éléments accessoires : Hornblende, sphène, puis Augite et le cortège de matières chloritiques ou serpentineuses qui provient de la décomposition de l'Augite.

3° *Granite à amphibole* des Vosges et du nord de la Scandinavie. Quartz, Feldspaths, Hornblende.

4° *Granites proprement dits*, intermédiaires entre les granites à muscovite et les granitites. Il y entre du Mica magnésien.

5° *Granite hornblendifère.* Quartz, Feldspaths, Mica magnésien, Hornblende (Syénite des anciens auteurs français).

Gisements et Physionomie générale.

Les granites constituent le système le plus considérable de roches massives qui traversent les schistes cristallins et souvent les terrains de transition ; encla-

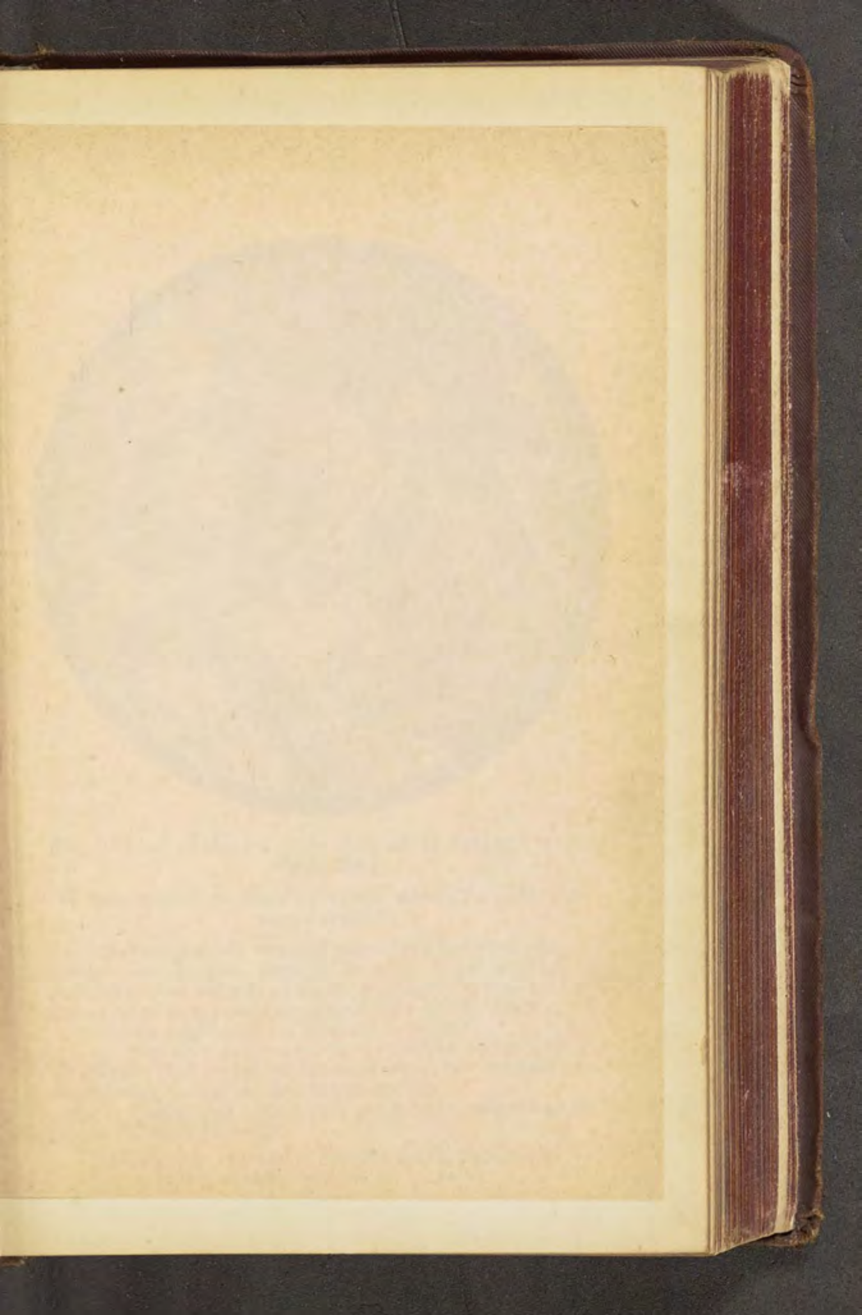




Fig. 162. — GRANULITE (PROTOGINE DE LA BÉRARDE, ISÈRE).
(*Page* 258.)

Grossissement = 21 *diamètres. Lumière polarisée, nicols croisés.*

L'échantillon a été recueilli parmi les blocs erratiques du hameau des Etages, près la Bérarde. Il provient de la zone de contact entre la granulite (protogyne éruptive) et les gneiss appelés à juste titre granitoïdes par M. Lory.

Le dessin représente les minéraux suivants :

I. — Mica noir (19) en partie transformé en mica blanc, hornblende (21) probablement arrachée à des micaschistes amphiboliques, orthose (3), oligoclase (6).

II. — Partie des feldspaths précédents, microcline (4), quartz (1), mica blanc (2).

(*D'après MM. FOUQUÉ et MICHEL LÉVY*, Minéralogie micrographique. — *Atlas*, *Pl. II*, *fig.* 1.)

vés par leur base dans ces terrains, ils les dominent par leurs extrémités supérieures, qui s'élèvent en vastes gibbosités. Ils ont aussi la forme de dykes ou de filons, que l'on retrouve dans les mélaphyres ; ils présentent surtout ce trait caractéristique d'émettre des ramifications très complexes, qui vont s'anastomoser pour ainsi dire entre elles dans la masse des roches encaissantes. Ils sont de plus en plus rares dans les terrains primaires supérieurs, et n'ont que peu d'importance dans les secondaires.

2. **Brèches granitiques.** — Fragments ordinairement anguleux, souvent très gros, de granite, réunis par un ciment de nature également granitique, mais différent du granite par le grain et la proportion des minéraux essentiels, surtout du Mica.

3. **Conglomérats granitiques.** — Fragments ordinairement arrondis, souvent assez gros, de granite, empâtés dans un ciment de nature argileuse.

4. **Arène granitique.** — Sable formé des éléments du granite désagrégé.

5. **Protogine** (*Protogigneiss. Protogingranit*, all.) Syn. granit talqueux. — C'est un granite dans lequel une partie du mica ressemble à du talc.

Éléments essentiels : **Feldspath, Quartz, Micas.** Dans la protogine du Mont-Blanc, le Feldspath oligoclase est blanc ou d'un blanc grisâtre, mat et lamellaire, souvent en gros cristaux à contours assez réguliers ; le Quartz s'y présente en grains d'un gris fumée ou gris violacé ; un des Micas en lamelles plus ou moins froissées, d'un vert émeraude, d'un vert céladon ou grisâtre, très tendres ou très onctueuses au toucher, surtout quand elles sont réduites en poudre. L'autre

Mica, riche en fer, y forme des lamelles vertes, quelquefois des granules assez gras au toucher. D'après M. Delesse, la silice peut y atteindre la proportion de 75 pour cent de la roche. Plus il y a de quartz, plus la roche est grenue; plus il y a de mica, plus la roche est schisteuse. Le rapport moyen de l'oxygène des bases à celui de la silice est de 0,25.

6. **Pegmatite** (*Pegmatit*).— Assemblage de **Feldspaths** lamellaires, blancs, jaunes, verts, rouges, etc., offrant les clivages rectangulaires caractéristiques de l'*Orthose* et du *Microcline*, souvent nettement cristallisés, et de **Quartz** également cristallisé, tantôt en prismes allongés, à six pans inégaux, comme cannelés dans la cassure transversale et terminés par des pyramydes à six faces plus ou moins régulièrement développés. Dans les pegmatites à gros éléments ou à grandes parties, le quartz, en cristallisant, semble avoir été forcé de remplir la place que lui laissait le Feldspath. Les cristaux des individus essentiels de la pegmatite sont quelquefois d'un volume énorme.

Dans d'autres variétés, ils se réduisent à la taille ordinaire aux éléments du granite. Ils peuvent même ne pas dépasser les dimensions microscopiques des microgranites.

Dans la variété de Pegmatite appelée *graphique*, les cristaux de Feldspath sont traversés par ceux du quartz. Ceux-ci sont bacillaires, parallèles et dessinent dans la masse feldspathique où ils sont encastrés des figures assez régulières, qui ressemblent aux caractères de l'écriture cunéiforme.

Cette roche renferme jusqu'à 78 pour cent de silice. Elle ne contient ordinairement que peu de Mica; les

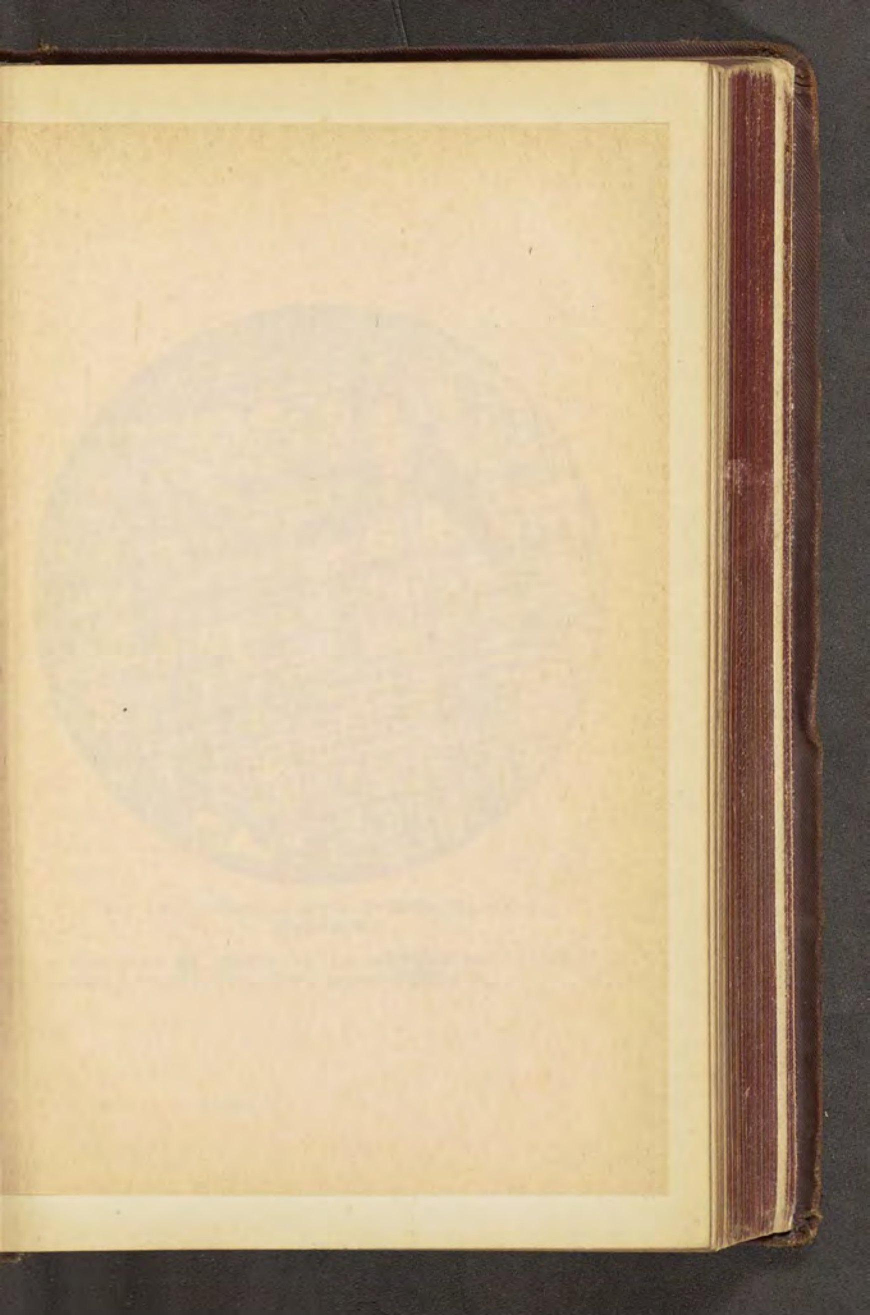




Fig. 164. — PEGMATITE D'OAK-CREEK, COLORADO.
(*Page 260.*)

Microcline (4), quartz (1). Le microine taillé parallèlement à *p*, traversé par des filonnets d'albite (5).

variétés graphiques en manquent même tout à fait.

Haüy et plus tard Cordier ont défini la Pegmatite comme essentiellement composée de Feldspath et de Quartz. Le Feldspath est en général celui que M. Descloizeaux a séparé des autres, à cause de ses caractères optiques, sous le nom de *Microcline*. Il offre d'ordinaire une masse quadrillée traversée souvent par des filons ou des bandelettes d'albite hémitrope : Loucrup (Hautes-Pyrénées); La Bellière près Vire (Calvados); Saint-Malo; Sibérie; Leppfield, Connecticut; Cayenne (Guyane française). Aujourd'hui les lithologistes tendent plutôt à réserver le nom de Pegmatites aux roches où le feldspath et le quartz ont pris un certain arrangement régulier en cristallisant simultanément. Il est vrai que Haüy a donné l'expression de quartz graphique comme synonyme du nom de Pegmatite.



Fig. 163. — Structure pegmatoïde du Granophyre de Sperberbachel, près Howald (Vosges).

Les éléments accidentels sont :

Tourmaline, *Topaze*, *Albite*, *Béryl*, *Grenat*, *Apatite*,

Gadolinite, *Orthose Colombite*, et beaucoup d'autres.

La Pegmatite forme des filons dans le gneiss, le granite, le leptynite. Le Feldspath y est souvent altéré. C'est alors le plus précieux gisement de Kaolin (Saint-Yrieix, près Limoges). Le Feldspath intact est employé pour la couverte de la porcelaine.

2° TYPE GRENU à **Orthose sans Quartz.**

L'Orthose, mêlé ou non de Feldspaths tricliniques, se trouve associé au Mica, à l'Amphibole, à la Néphéline dans un certain nombre de roches grenues, sans quartz, dont Rosenbusch forme le groupe qu'il appelle Syénite.

Comme Werner a donné le nom de *Syénite* à une association de Feldspath et d'Amphibole, bien que les belles roches de Syène, en Égypte, où le Mica noir l'emporte de beaucoup sur l'Amphibole, ne puissent pas être prises comme types d'une roche amphibolique, nous suivrons avec Haüy, Cordier, M. Daubrée et beaucoup de lithologistes modernes, l'intention de Verner, et nous rattacherons les véritables Syénites aux roches amphiboliques, en appelant *granites sans quartz* les masses minérales qui ne diffèrent des granites que par l'absence de cet élément.

7. **Minette**, roche très finement grenue, ayant plus ou moins l'aspect porphyrique, mais qu'on peut toujours décomposer au microscope en **Orthose** et en **Mica magnésien** brun à deux axes optiques. L'**Oligoclase** ne s'y rencontre qu'en petites quantités.

Le Feldspath est ordinairement altéré; les cristaux

en sont couverts d'un enduit calcaire ou ferrugineux. Aussi M. Rosenbusch conseille-t-il de laver avec de l'eau légèrement acidulée les préparations qu'on veut soumettre à l'examen microscopique.

3° TYPE GRENU **à Plagioclase dominant avec Quartz.**

8. Kersanton quartzifère.

Sygn. *Kersantite* (Delesse). — Roche composée essentiellement d'**Oligoclase**, **Mica noir** et de **Quartz.**

Éléments accessoires : *Augite* ou *Hornblende*, *Calcaire*.

De couleur assez foncée, assez tendre pour se prêter aux travaux de sculpture les plus délicats, assez tenace pour conserver intactes les formes qu'on lui a données, cette roche a une structure en général porphyroïde. On y observe une masse de grains très fins qu'on peut ordinairement décomposer en ses éléments au microscope, et, sur ce fond, des cristaux de Feldspath et de Mica. Il s'y ajoute, en général, tantôt de la Hornblende brune ou verte, tantôt, le plus souvent, de l'Augite en prismes verts.

Le Kersanton est, en général, poreux, et les pores sont souvent remplis de grains de *Calcaire* de formation évidemment postérieure, qui donnent à la masse la propriété de faire effervescence avec les acides. On observe aussi de la *Chlorite*, qui est sans doute, comme le calcaire, un produit de décomposition.

Les auteurs donnent souvent à cette roche le nom de *Kersantite*. On a proposé d'appeler Kersantites celles qui contiennent de l'amphibole, et Kersantons celles qui renferment du pyroxène; celles-ci sont les variétés les plus nombreuses en Allemagne; mais celles de

Bretagne ne contiennent quelquefois ni amphibole ni pyroxène ; on peut donc se contenter de périphrases et admettre des Kersantons amphibolifères ou augitifères avec ou sans quartz.

9. **Miascite.** — Agrégat grenu d'**Orthose** d'un blanc grisâtre avec microcline, d'**Eléolithe**, variété de Néphéline à éclat gras et de Mica noir mêlé de grains souvent bleus de **Sodalithe.**

10. **Ditroïte.** — Agrégat grenu d'**Orthose**, d'**Eléolithe** et de **Sodalithe.**

Accessoirement : *Oligoclase* gris ou d'un jaune rougeâtre, Mica, Sphène, Hornblende.

On peut, dans ce groupe des roches granitiques sans quartz, mentionner celles dont la Cordiérite semble l'élément principal.

11. **Cordieritfels** (Syn. *Dichroïtfels*). — Agrégat grenu de **Cordiérite, Feldspath, Grenat,** en filons dans le granite, à Kriebstein (Saxe).

Élément accessoire de la roche de Cordiérite : *Mica.*

12. **Kingigite** (*Kinzigit*). — Mélange cristallin de **Mica noir, Grenat** et **Cordiérite.**

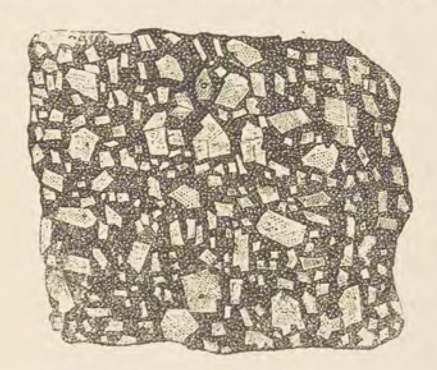
Éléments accessoires : *Oligoclase* (à Wittchen, Souabe ; à Erlenbach dans l'Odenwald).

Ces deux roches ne paraissent avoir qu'un développement accidentel, et plusieurs auteurs ne les mentionnent même pas à part.

4° TYPE PORPHYRIQUE à **Orthose dominant.**

Le mot de Porphyre implique une couleur rouge de feu. *Rubet poryhyrites in Ægypto*, disait Pline. La matière citée par Pline est celle que nous appelons au-

jourd'hui *porphyre rouge antique*, et que les Egyptiens ont fréquemment employée pour leurs caves sépulcrales, leurs statues ou leurs obélisques. Les Romains ont beaucoup utilisé les matières travaillées avant eux en Égypte. Les modernes ont recueilli à leur tour les œuvres des uns et des autres, mais souvent ils ont dénaturé les acceptions des noms anciens. Aujourd'hui le nom de Porphyre est appliqué à des



ig. 165. — Plaque de Porphyre.

roches qui peuvent bien, en général, servir de marbres durs, mais qui sont d'une couleur quelconque et qui ont pour caractère d'offrir, sur un fond ou *pâte* à éléments indiscernables, des cristaux à formes plus ou moins régulières, séparés du chaos général où restent confondus les autres éléments de la roche (fig. 165).

Cette pâte forme quelquefois la roche à elle seule. Lorsqu'elle est de nature feldspathique, on l'appelle

Pétrosilex, parce qu'elle ressemble au silex, dont elle se distingue par sa fusibilité au chalumeau. Dubuisson l'appelait *Eurite*, bien qu'elle eût déjà reçu de Kirwan le nom de *Felsite*.

13. **Felsite** (*Pétrosilex*). — Masse compacte, formée de Feldspath potassique, d'un blanc grisâtre, jaunâtre, verdâtre, rougeâtre, noirâtre, brune. La cassure en est ordinairement esquilleuse et se rapproche de celle de certaines Agates ou du Silex corné; mais l'Eurite est toujours fusible, tantôt avec autant ou plus de facilité que l'Orthose elle-même (Eurite proprement dite), tantôt plus difficilement (Eurite sursilicée de Cordier). L'émail que donne la fusion est tantôt d'un blanc pur et tantôt pointillé de noir ou de vert. L'Eurite chargée de silice prend quelquefois l'aspect un peu vitreux, devient plus dure, que le Feldspath et passe aux Rétinites, ou bien elle reste lithoïde; elle est également d'origine éruptive.

Certaines variétés renferment un peu de Mica, ordinairement difficile à distinguer sans des grossissements considérables; elles correspondent à une partie du Hornfels.

14. **Porphyre quartzifère** (*Felsitporphyr*; Porphyre pétrosiliceux; Porphyre euritique; Porphyre granitoïde).

L'on y remarque, sans le secours de la loupe, un fond de nature **euritique**, et englobés dans cette pâte des cristaux d'*Orthose* et d'*Oligoclase*, ainsi que des grains ou des cristaux de **Quartz**, La densité varie de 2,5 à 2,6. Ls rapport de l'oxygène des bases à celui de la silice oscflle entre 0,16 et 0,259. La pâte, d'un brun rouge impur, d'un gris rougeâtre, est dans la

cassure très fraîche, verdâtre, noirâtre ou d'un gris blanchâtre, d'un vert foncé, brune, rarement d'un bleu lavande. Elle offre deux variétés : 1° elle est tout à fait compacte, à cassure esquilleuse; 2° elle est difficilement rayée par le silex, et plus difficilement fusible que les Feldspaths. Comme l'a montré M. Delesse (*Bull. Soc. geol.*, t. VI, p. 629), elle est toujours plus riche en silice que l'Orthose elle-même, et consisterait en une combinaison de la silice, de l'alumine et des bases de la roche. La deuxième variété de pâte est mate, à cassure inégale, à structure finement grenue et cristalline; elle se résout au microscope en très petits cristaux d'Orthose et de Quartz.


Fig. 166 à 168.

Les cristaux d'*Orthose* sont blancs, jaunes, d'un rouge de chair (fig. 166 à 168); ils ont l'éclat nacré sur les faces de clivage; ils sont de couleur plus claire que la pâte; ils deviennent si nombreux que l'on n'y distingue plus facilement la pâte. Celle-ci est souvent colorée en verdâtre par de la *Chlorite*, qui s'y trouve intimement mélangée; elle renferme souvent aussi de la *Hornblende*, qui a peut-être donné naissance à la matière verte en s'altérant.

Physionomie des masses porphyriques.

Les Porphyres se dressent en montagnes d'aspect sauvage, à parois raides, à cimes déchirées, souvent hérissées de pyramides aiguës.

Variétés de structure et de texture. *Porphyres quartzifères proprement dits.* Masses divisées en prismes hexagonaux, en parallélipipèdes drôits ou obliques. *Porphyres schisteux.* Le Quartz s'y rassemble en veines, en lames parallèles, planes quelquefois, très rapprochées (*Papierporphyr*) ou ondulées (*Eurite ligniforme* de Rupt, Vosges). Parfois l'apparence schisteuse provient des nuances différentes dont la roche se colore suivant des bandes parallèles. *Porphyre poreux ou celluleux*, avec cavités amygdalaires. *Porphyres oolithiques, sphérolitiques*, en boules de la grosseur d'une noix ou de la tête, dont l'intérieur est rempli d'agate et d'autres matières cristallisées. A cette variété se rattache le **Porphyre pyroméride** (P. orbiculaire, P. Napoléon), de Corse, qui consiste en une pâte euritique enveloppant des globules à texture radiée, où l'on discerne plus ou moins nettement l'Orthose et le Quartz.

Les Dykes de Porphyre abondent dans le carbonifère. Leurs épanchements, nombreux encore dans le Permien, sont devenus de plus en plus rares dans les terrains supérieurs ; ils paraissent s'être terminés dans le secondaire. Quelquefois, au contact de la roche encaissante, le Porphyre prend une structure schisteuse.

15. Porphyres pauvres en quartz ou non quartzifères (*Quarzfreier Orthoklasporphyr* des Allemands). — Leur densité s'élève de 2,63 à 2,76 ; le rapport des quan-

tités d'oxygène des bases et de la silice, à 0,3. La roche consiste en une masse de **Feldspath compacte** empâtant des cristaux d'**Orthose** et d'**Oligoclase** ou **Albite.** Les caractères extérieurs ne diffèrent de ceux du Porphyre quartzifère que par l'absence des cristaux de quartz. La pâte, assez facilement fusible, généralement de couleur sombre, plus ou moins poreuse, tire sur le bleu violacé sale, le gris rougeâtre, le brun bleuâtre ou le brun chocolat. Souvent il ajoute au Feldspath du **Mica** brun foncé, vert rougeâtre, etc.

16. L'**Argilophyre** se rattache au Porphyre non quartzifère. C'est une roche d'aspect terreux, argiloïde, poreuse, criblée de petites cavités, facilement rayée par une pointe d'acier, qui paraît devoir ce facies à une kaolinisation au moins partielle des Feldspaths. Elle est difficilement fusible sur les bords. Elle est ordinairement massive et quelquefois schistoïde. Elle passe au Pechstein ou Rétinite.

17. **Porphyres bréchiformes** (*Porphyrbreccie*, all., *brèches porphyriques*). — Dans certains cas, la masse du Porphyre s'étant brisée pendant son soulèvement, les fragments ordinairement anguleux ont été ressoudés par une pâte euritique, plus ou moins abondante, d'un brun rouge ou bleuâtre, verdâtre, etc. Les roches de cette nature recouvrent les Porphyres proprement dits et alternent quelquefois avec eux. Au contact des porphyres et des roches encaissantes, elles proviennent du frottement des uns contre les autres, et sont formées par le mélange des débris anguleux de la roche éruptive et de ses salbandes.

Résumé des études microscopiques récentes. — Nous ne pouvons que présenter dans leur ensemble tous ces travaux de Vogelsang, de MM. Rosenbusch et Zirkel, et plus récemment, en France, de MM. Fouqué et Michel Lévy, qui ont jeté déjà une grande lumière sur la composition élémentaire et la structure des porphyres. On reporte aujourd'hui, d'un commun accord, aux roches granitoïdes toutes celles dont la masse est résoluble en éléments que leur petitesse ne permet de discerner qu'au microscope. Ce sont ces roches qu'on appelle *microgranites*, *micropegmatites*, etc. Ce qui caractérise les porphyres, c'est leur pâte.

Au microscope, le quartz est plus pauvre en inclusions que celui des granites. Ces inclusions consistent en fluides, en matières vitreuses, en microlithes. Souvent la matière vitreuse est dévitrifiée. Le feldspath a les allures de l'adulaire, mais il est en partie kaolinisé ; il est souvent groupé, suivant la loi de Carlsbad ; ses fentes, ses faces de clivage sont remplies ou couvertes d'infiltrations secondaires : Mica, Kaolin, Epidote. Le mica magnésien a le même aspect que dans les granites. On rencontre assez fréquemment des cristaux de sphène et de pyrites, quelquefois de la fluorine et des grenats.

La pâte des porphyres a été le sujet d'un grand nombre d'observations et de discussions. Delesse les regardait comme l'eau mère où les éléments cristallins se sont consolidés, se trouvant en quelque sorte dans un état *semicristallin*, intermédiaire entre l'état cristallin et l'état vitreux ; Naumann les considérait comme un mélange homogène de matière feldspathique et de silice. Plus tard, M. Zirkel a distingué les



Fig. 169. — PORPHYRE PÉTROSILICEUX DE GRATADIS (VAR).
(*Page 270.*)

Un des porphyres permiens les plus récents de l'Esterel.

Sphérolithes à croix noire (53), magma fluidal (55), veinules de calcédoine (32).

(*Atlas de MM. FOUQUÉ et MICHEL LÉVY, Pl. XV, fig.* 1.)

Le gisement de cette roche a été étudié par M. POTIER. (*Bullet. Soc. géol. de France.* Réunion extraordinaire, 1877.)

pâtes qui se résolvent au microscope en leurs éléments cristallins, et celles qui conservent aux plus forts grossissements le facies d'un corps amorphe et homogène. Il a donné aux premières le nom de *Magma*, aux secondes celui de *Base* (*Basis*). La base peut être compacte, vitreuse, et, dans ce cas, dévitrifiée ou non; elle n'est jamais cristalline. M. Zirkel a réservé le nom de *Base microfelsitique* aux bases vitreuses dévitrifiées.

Vogelsang a distingué trois sortes de pâte.

L'une consiste en un mélange d'éléments cristallins, mais si petits qu'on n'arrive à les distinguer que peu à peu, au fur et à mesure que les instruments de grossissement se perfectionnent.

Une seconde variété de pâte très abondamment répandue se compose d'une substance qui se rassemble en bandes, en stries, en membranes, qui reste toujours obscure pour toutes ses positions entre des nicols en croix, bien qu'elle soit à peu près incolore, qui n'a aucune structure, et qui n'est autre chose qu'un *verre*. Ce verre agit quelquefois par places sur la lumière polarisée, mais parce qu'il est plus ou moins dévitrifié.

Enfin, une troisième variété de pâte, peut-être encore plus fréquente que la première, ne se présente qu'en membranes des plus minces; incolore ou colorée en gris, en jaunâtre, etc. *Elle n'est pas sans structure:* on y aperçoit des filaments, des granules; mais elle est, comme la précédente, inactive vis-à-vis de la lumière polarisée. C'est ce que Vogelsang appelle *base microfelsitique;* il l'a regardée comme une matière qui n'est pas parvenue, pour ainsi dire, au dernier stade de sa cristallisation.

En résumé, le plus grand nombre des porphyres a pour fond une matière pétrosiliceuse, tantôt insensible à la lumière polarisée, tantôt active. MM. Fouqué et Michel Lévy reconnaissent à cette matière, finement nuageuse, les propriétés optiques d'une calcédoine à grains fins, chargée d'opale et comprenant en outre les éléments chimiques d'un feldspath. Elle s'est constituée pendant la seconde période de consolidation de la roche qui, pendant la première, ne différait pas sensiblement d'une roche granitoïde considérée, elle aussi, dans la même phase de son évolution. Mais pendant la seconde, s'est établi le type de structure qui est spécial aux porphyres, adjonction du magma amorphe et développement normal de la *structure dite fluidale*.

Structure fluidale. — Lorsqu'une pâte est vitreuse ou cryptocristalline, on voit ordinairement ses particules constituantes disposées suivant des modes réguliers. Dans un grand nombre de variétés, les éléments se sont alignés parallèlement à des directions linéaires ou suivant certaines surfaces planes ou courbes, comme si elles avaient coulé dans ces directions. C'est ce qu'on nomme la *structure fluidale*.

18. Porphyres à Structure globulaire. — D'autres variétés de porphyres présentent, en nombre quelquefois infini, des corpuscules que Vogelsang appelait *Globulites* ou *Margarites* et *Longulites*, d'après leur configuration plus ou moins sphéroïdale ou plus ou moins allongée. Ces corpuscules peuvent se grouper les uns avec les autres sous les formes les plus complexes. Ces groupes, d'après Vogelsang, seraient les uns sans



Fig. 170. — PORPHYRE PÉTROSILICEUX DE GARGALONG (VAR.
(*Page 272.*)

Même gisement que le porphyre de Gratadis. (*fig. 169.*)

(53) Sphérolithes à croix noire.
(57) Magma perlitique en partie amorphe.

(*Pl. XV, fig. 2. Atlas de MM. FOUQUÉ et MICHEL LEVY.*)

action sur la lumière polarisée (*Crystallites*), les autres actifs (*Crystalloïdes*).

M. Zirkel, auquel on doit des travaux remarquables sur les Porphyres et les Basaltes, distingue le *grain globulitique* (grains, disques uniréfringents), le *pêle-mêle trichitique* (Margarites et Longulites de Vogelsang) et la *dévitrification felsitique*. Il nomme *Microlithes*, comme beaucoup d'auteurs à son exemple, les cristaux d'une extrême ténuité.

Dans certains porphyres la matière qui en fait le fond, ou la base ou la pâte, est vitreuse; Vogelsang les appelle *Vitrophyres*, et M. Rosenbusch *Pechsteinporphyres*.

Dans la masse vitreuse se sont consolidés des cristaux analogues à ceux du granite. Mais c'est surtout dans les Porphyres renfermant de l'Augite et de la Hornblende qu'on rencontre ces variétés vitreuses.

Enfin, il y a des Eurites qui deviennent vitreuses comme les porphyres et qui font partie des Pechstein.

5° TYPE PORPHYRIQUE à Plagioclase dominant.

1. **Oligophyre.** — Porphyre à oligoclase (*Porphyrit* en partie, G. Rose). Pâte verte, brune, rouge, parfois bleuâtre ou d'un gris de fumée, difficilement fusible au chalumeau.

Cristaux essentiels : **Oligoclase**, blanche ou jaunâtre, ou rougeâtre, à peu près opaque, dont la teneur en silice est de 62 %.

Cristaux accessoires : **Amphibole**, lamellieuse ou aciculaire, noire. **Mica** noir, en paillettes; **Augite** noire.

Variétés : *Oligophyre proprement dit*. Teneur en

silice, 61 à 64. Pâte brune, à cassure esquileuse. Cristaux striés très gros, à Boulouris (Var), d'après M. Coquand.

O. quartzifère. Le précédent, avec du quartz en dihexaèdres.

Dans le *Porphyre rouge antique*, d'après Delesse, le **Feldspath**, d'un blanc rougeâtre ou rose, toujours altéré, est plus voisin de l'Oligoclase que du Labrador, et contient 59 °/₀ de silice et 5,5 de chaux. La pâte est rouge (64 °/₀ de silice) ou violacée (silice : 62 °/₀). La teneur en peroxyde de fer de cette pâte est d'environ 8 °/₀, et sa densité de 2,763. Outre le Feldspath, elle renferme de la **Hornblende** en petits cristaux épars, du quartz en veines irrégulières, et de l'Apatite.

O. avec chlorite. Syn. *Porphyres protoginiques.* Les porphyres de Lessines et de Quenaast (Belgique), à pâte verte, colorée par de la Chlorite, y laissent discerner des cristaux d'Oligoclase, un peu de Hornblende et des carbonates de chaux et de fer.

Dans le P. de Deville (Ardennes), le Feldspath se montre en gros cristaux.

O. micacé. Porphyre de Schirmeck (Vosges), avec cristaux d'Oligoclase et lamelles de Mica. Densité, 2,686. Teneur en silice, 65,74 (Delesse).

Au microscope, dans les Oligophyres de Landshut, on voit comme éléments cristallisés dans la pâte l'Oligoclase, du Mica brun, du Quartz et des grenats.

Ceux de l'Erzgebirge renferment un peu d'Orthose, de la Biotite, du Quartz, de l'Augite et de l'Amphibole très dichroïtique.

Dans ceux d'Ilfed, Hartz, l'Oligoclase se présente

assez souvent en fragments soudés de nouveau en un seul cristal par un ciment. Le Feldspath s'y décompose en paillettes incolores d'un minéral micacé. On y voit aussi du calcaire, de l'Orthose groupé suivant la loi de Carlsbad, de l'Amphibole d'un vert clair, dichroïtique, souvent décomposée en une matière chloriteuse verté, du Quartz en aiguilles fines, parallèles à l'axe longitudinal de l'Amphibole, de l'Ouralite, de l'Augite verte, et accessoirement de l'Apatite et des oxydes de fer.

Les Oligophyres de la Saxe ont une pâte microcristalline. Les Oligophyres deviennent quelquefois vitreux comme les Orthophyres ou Porphyres à Orthose. Souvent, dans une même formation, ils contiennent à la fois de l'Amphibole et du Pyroxène; aussi éprouve-t-on de la difficulté à les caractériser par une dénomination simple; on peut minéralogiquement les appeler Oligophyres à amphibole, à pyroxène, à pyroxène et amphibole, O. micacés, chloritiques, etc.

6° TYPES TRACHYTIQUES à **Orthose dominant.**

On les divise en général aujourd'hui en Trachytes quartzifères ou *Liparites*, et en Trachytes sans quartz, ou *Trachytes* proprement dits.

Ils sont composés essentiellement de grains souvent fins, quelquefois inaccessibles au microscope, qui laissent des vides entre eux. Anguleux, lorsqu'ils tiennent à la distance à laquelle les élements de la roche sont restés les uns des autres au moment de leur consolidation; arrondis, lorsqu'ils proviennent

d'un dégagement postérieur de gaz enfermés dans la masse, tous ces vides donnent à un grand nombre de Trachytes une texture poreuse, une cassure inégale, un aspect raboteux, un toucher âpre. Tous les Trachytes n'ont pourtant pas ce facies et ne sont pas âpres au toucher.

Dans d'autres variétés, c'est la structure fluidale qui domine, et la masse est en même temps plus vitreuse. En général, les Trachytes ne sont pas entièrement grenus. Leurs couleurs sont presque toujours claires, grises, rougeâtres, ou tirant sur le vert, rarement bleues. Ils se composent d'éléments cristallisés, empâtés dans une masse tantôt microcristalline et tantôt vitreuse, à laquelle se mêle souvent une matière amorphe, analogue à celle des Porphyres.

Les études microscopiques établissent de grandes analogies entre la constitution des Porphyres et celle des Trachytes. C'est surtout la différence de leurs âges d'éruption qui les distingue en géologie; les premiers (Porphyres) étant des roches anciennes, prétertiaires, et les seconds (Trachytes) des roches récentes.

Comme les Porphyres, les Trachytes ont pour caractère de présenter des cristaux à forme ordinaire, que leurs dimensions permettent souvent de distinguer à l'œil nu, empâtés dans un magma dont la structure est souvent aussi fluidale; mais ici, dans ce magma, on aperçoit des microlithes en quantité quelquefois considérable, formés d'après les observations de MM. Fouqué et Michel Lévy pendant la seconde époque de consolidation.

20. **Trachytes.**—Dans les Trachytes proprement dits,

les éléments essentiels sont des Feldspaths auxquels s'ajoutent tantôt l'Amphibole, tantôt un Mica magnésien, ou l'Augite. Le feldspath dominant est en général la Sanidine, variété d'Orthose riche en soude, en cristaux simples ou groupés et aplatis suivant la face g^1, incolores, transparents, mais toujours fissurés. A ce feldspath monoclinique s'en associent d'autres biobliques. La Hornblende, l'Augite se rencontrent en grains, quelquefois en grands cristaux fêlés ou même brisés; le Mica, quand il s'en trouve, a la forme de lamelles hexagonales. Il n'est pas rare d'observer dans ces roches des groupes de Tridymite en lames imbriquées à la manière des tuiles d'un toit, du Sphène caractérisé par son fort dichroïsme, quand il est un peu coloré, de l'Apatite, de la Magnétite, quelquelquefois de la Néphéline, accidentellement de la Sodalithe.

Tels sont les caractères des Trachytes proprement dits. Quelquefois la proportion de l'Oligoclase atteint celle de la Sanidine (trachytes du Drachenfels, **Sanidin Oligoclas-Trachyt,** de Roth, gris, bruns, dans la masse desquels les deux espèces de Feldspaths apparaissent peu distincts l'un de l'autre au premier abord, sous la forme de cristaux ou de grains, et dont la teneur en silice s'élève à 66 % environ).

La **Domite** est un trachyte du Puy-de-Dôme, friable, d'aspect terreux, gris mat, où l'on distingue souvent des cristaux de Feldspath de grosseur moyenne, assez brillants, et que sa teneur en silice rapproche des Trachytes proprement dits; mais plusieurs lithologistes y ont vu au microscope de nombreux grains de Quartz, surtout de Tridymite, et l'assimilent aux

Trachytes du Drachenfels. Les Trachytes d'Ischia sont riches en Sodalithe.

Au point de vue de la structure, on peut citer quelques autres variétés assez curieuses : les *Trachytes globulaires* ; les *Trachytes sphérolitiques*, dont la pâte est criblée de sphérolites (voy. p. 289) ; les *Trachytes bréchiformes*, dont la masse est composée de morceaux anguleux de cette roche, de nuances différentes, agglomérés par une pâte de même nature.

La plupart de ces variétés appartiennent plutôt aux Liparites qu'aux Trachytes proprement dits.

21. **Liparites**, V. Roth (Syn. Rhyolithes). — Les Feldspaths tricliniques ne s'y rencontrent que fort accidentellement ; ils se distinguent des Trachytes par la prédominance du Feldspath le plus acide, et par leur teneur en Quartz cristallisé. Ce sont les équivalents des granites dans les âges géologiques récents (tertiaires ou postertiaires). On y retrouve des types granitiques et porphyriques.

Le quartz y est en grain ou en dihexaèdres renfermant quelquefois des inclusions, des masses vitreuses incolores avec bulles foncées.

La Tridymite forme des agrégats hexagonaux. La Sanidine a le même aspect que dans les Trachytes proprement dits. On y observe souvent des aiguilles d'Amphibole microlithiques et les mêmes minéraux accidentels que dans les Trachytes. Souvent les Trachytes prennent l'aspect de porphyres qu'on a appelés *Sanidophyres* ou *Porphyres trachytiques*, et qui ne sont qu'une variété de facies des Trachytes.

22. **Sanidophyres ou Porphyres trachytiques** (*Sanidintrachyt*). Lorsque les cristaux de Sanidine renfermés

dans la pâte du Trachyte deviennent très nombreux, la roche devient un véritable porphyre; certaines variétés à texture compacte, à cassure quelquefois esquilleuse, ont un aspect à peu près identique à celui des Porphyres quartzifères, bien qu'elles soient, il est vrai, un peu plus poreuses que ces derniers : dans une collection, il serait bien difficile quelquefois de les en distinguer; mais, sur le terrain, on les trouve toujours associées aux trachytes à caractères nettement accusés.

Les Porphyres trachytiques contiennent ordinairement, distinct à l'œil nu ou intimement mélangé, du quartz en grains ou en cristaux limpides, où la pyramide est accompagnée des faces du prisme. Les minéraux accessoires sont le Mica et le Grenat, peu abondants. L'Oligoclase y est assez rare. La teneur en silice est quelquefois de 78 %; la densité varie de 2,44 à 2,63. Souvent les masses compactes ont l'aspect de la cire et passent au *Rétinite*. Dans un certain nombre de variétés, au contraire, les pores deviennent très grands, et prennent la forme d'ampoules, de cellules à bords rugueux et âpres (**Trachytmolaires** de Beudant). Ces trachytes ont tout à fait le facies des meulières siliceuses, dont ils diffèrent en ce qu'ils sont fusibles au chalumeau.

Les Porphyres trachytiques sont quelqufois *schistoïdes*, à cause de la répartition de leurs cristaux tabulaires de Sanidine sur des plans parallèles ; ou *zonaires*, à cause de la distribution des couleurs diverses que présentent quelques variétés. Ces roches ont même parfois la physionomie de granits.

Les Trachytes sont tertiaires ou postertiaires. Ils

sont configurés en dômes, qui surgissent par groupes au milieu des couches plus anciennes. On les voit aussi remplir les fissures irrégulières des roches qu'ils traversent sous la forme de dykes ou de filons. Ils présentent quelquefois une division prismatique analogue à celle des porphyres. Ils se montrent enfin étendus en nappes sur le sol, et l'on reconnaît que dans ce cas ils ont coulé à la manière des basaltes. Certaines de ces coulées proviennent d'orifices qui ont conservé nettement les caractères volcaniques, et les roches qui les composent méritent le nom de *laves*.

Elles sont souvent plus ou moins criblées de bulles vacuolaires (Lave de la Solfatare, près de Naples). Il n'est pas rare que les parties supérieure et inférieure des nappes trachytiques aient cet aspect spongieux; elles sont à demi vitreuses, criblées de bulles, porphyroïdes (Mont-Dore; Toscane). Cette variété porte dans la description des roches, d'après Cordier, le nom de Nécrolithe feldspathique.

23. **Cendres trachytiques** (Syn. Spodite, Cordier). — Elles proviennent de la désagrégation des Trachytes, et surtout des matières projetées par les volcans, lors des éruptions de Trachytes ou de Phonolithes (Cascade du Mont-Dore).

7° TYPE TRACHYTIQUE à **Plagioclase dominant.**

24. **Andésites.** — L'on appelle ainsi des Trachytes plus ou moins poreux, souvent granitoïdes, qui diffèrent des Trachytes proprement dits par l'absence de Sanidine. La masse consiste en une pâte de Feldspath vitreux, fusible au chalumeau, et tenant à peu

près 60 °/₀ de silice. Il n'est pas rare que des cristaux se montrent dans la pâte. Lorsqu'ils sont frais, ils sont marqués de stries caractéristiques.

Les Trachytes des Andes ont souvent une texture grenue.

Minéraux accessoires : **Hornblende**, **Augite**, **Magnésie**, **Biotite**, quelquefois du **Quartz**.

Une fois les caractères optiques de l'Andésine et de l'Oligoclase bien connus, il y aura sans doute lieu de distinguer des Trachy-Andésites et des Trachy-Oligoclasites.

Le Feldspath forme des bandelettes minces et des cristaux assez gros, à groupements complexes. Les premiers éléments se groupent, comme les feldspaths tricliniques, parallèlement au plan g^1 ; mais ces premiers groupes s'associent à leur tour d'après une loi différente et forment néanmoins une masse à contours réguliers. L'Orthose ne fait pas absolument défaut. Ordinairement la Biotite s'y associe à la Hornblende.

Comme les Trachytes, les Andésites sont des roches jeunes, au plus tertiaires. Elles affectent les mêmes manières d'être que les Trachytes ; elles se divisent quelquefois en énormes piliers, plus ou moins polyédriques ; elles forment ces cônes si élevés des Andes qui dominent tous les alentours.

25. **Dacites.** — Trachytes à plagioclases, quartzifères, souvent riches en Mica.

8° TYPE TRACHYTIQUE à **Orthose et Néphéline.**

26. **Phonolithe** (Syn. *Pétrosilex fissile*, *Klingstein*). — Masses compactes, d'un gris verdâtre ou jaunâtre plus ou moins foncé, qui se séparent ordinairement

en plaques minces, compactes et sonores. Elles résultent du mélange intime de deux parties : l'une formée de **Sanidine** indécomposable par les acides ; et l'autre de **Néphéline** mêlée de Zéolithes, décomposable par l'acide chlorhydrique.

L'on aperçoit quelquefois à l'œil nu dans ces roches des cristaux tabulaires de Sanidine, aplatis suivant la face de clivage g^1, et parallèles aux plans de division de la roche. La Phonolithe fond au chalumeau en verre grisâtre et verdâtre. Dans le tube bouché, elle donne quelques centièmes d'eau.

Eléments accessoires : **Hornblende** en prismes aciculaires noirs ; **Sphène** jaune de miel ou roussâtre ; **Mica** brun ou blanc d'argent ; **Zéolithes** ; la densité oscille entre 2,5 et 2,6.

Variétés : Phonolithe proprement dite (schistoïde).

P. sans schistosité, homogène ou porphyroïde.

P. mouchetée ou tigrée, renfermant de la noséane.

Ces matières essentielles ou accidentelles Feldspaths, Néphéline, Sphène, etc., sont développées en grains ou en cristaux dans une masse formée d'un mélange à grains très fins des matières essentielles.

M. Rosenbusch a observé que, si la Sanidine est dominante dans la masse fondamentale, les bandes de cette matière, parallèles l'une à l'autre, prennent par places une structure fluidale ; que si la Népheline l'emporte, l'aspect change et devient comparable, suivant l'expression heureuse de Boricky, à la structure cellulaire des plantes ; que si la Sanidine et la Néphéline sont en quantités égales, la roche prend la structure grenue. Au microscope, la Sanidine a le même aspect que dans les trachytes. Elle a souvent des dimensions

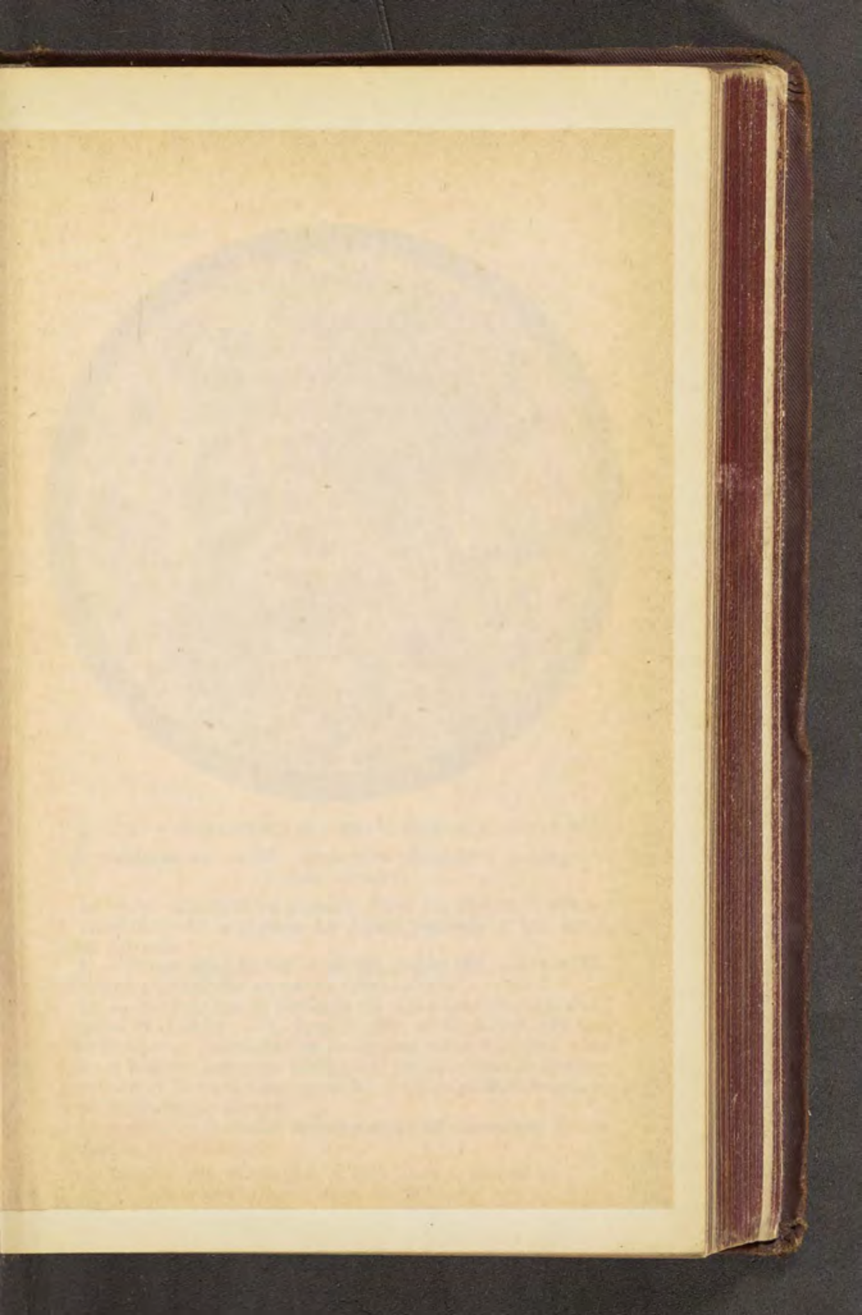




Fig. 171. — PHONOLITHE DE THIÉZAC (CANTAL). (*Page* 282.)

Grossissement = 84 *diamètres. Lumière polarisée, nicols croisés.*

La roche constitue un puissant filon, traversant l'andésite à amphibole de la région. Le dessin représente les minéraux suivants :

I. — Fer oxydulé, hornblende (21), augite (20), noséane (18), sanidine (3), haüyne en petits cristaux (18).

II. — Microlithes de sanidine (3) très prédominants, d'oligoclase et d'albite (5-6), d'augite (20), de néphéline (9). Les très nombreux rectangles ou hexagones microlithiques visibles en lumière naturelle s'éteignent presque tous en lumière polarisée et doivent être rapportés à un minéral cubique ou à de la néphiline altérée.

L'amphibole s'entoure fréquemment de couronnes de microlithes de pyroxène.

(*D'après MM. FOUQUÉ et MICHEL-LÉVY*, Minéralogie micrographique. — *Atlas*, *Pl. XLVI*, *fig.* 2.)

microlithiques et s'allonge suivant l'axe de la zone mg^1.

La Néphéline entre plus ordinairement dans la masse fondamentale que dans les cristaux de dimensions sensibles. La Leucite, comme la Sanidine, se montre en cristaux isolés et fait partie de la masse.

M. Rosenbusch distingue parmi les Phonolithes :

1° Les *Phonolithes à Sanidine et à Néphéline*, avec Haüyne, Augite ou Hornblende, Sphène, Mica, Plagioclase, qui passent à la Téphrite, lorsque le feldspath triclinique y devient abondant ;

2° Les *Phonolithes à Sanidine et à Leucite*, roches peu importantes, qui renferment du Sphène ;

3° Les *Phonolithes à Leucite et à Néphélines* (*Leucitophyres*). On y trouve de la Noséane. La masse fondamentale est faite de Leucite et de Néphéline. Les cristaux épars sont le Sphène, l'Haüyne, la Mélanite, etc.

Les Phonolithes présentent en masses les mêmes manières d'être et le même aspect que les Trachytes ; mais leurs pics sont plus isolés, en même temps que plus hardis, plus escarpés (Mont-Dore). Elles traversent souvent les Trachytes.

TYPES VITREUX.

La pâte ou masse fondamentale des Porphyres et des Trachytes est souvent plus ou moins vitreuse ; elle le devient quelquefois complètement. Elle donne lieu ainsi à des roches caractérisées par l'état vitreux de la totalité ou de la plus grande partie de leurs éléments. Dans une même formation éruptive, il n'est pas rare d'observer tous les passages entre l'état microcristallin ou cryptocristallin et l'état vitreux de la pâte de la roche. A l'état vitreux, la masse présente souvent au plus haut

degré la structure fluidale. Au milieu de cette pâte on distingue quelques cristaux bien développés ou restés microlithiques qui sont séparés de la masse vitreuse, et surtout des corps microscopiques à formes variées, provenant de la dévitrification de cette masse.

27. **Obsidienne.** — Roche vitreuse qui a au plus haut degré l'éclat, la cassure conchoïdale et la fragilité du verre. Elle se brise en éclats tranchants. Vert noirâtre, noir de velours ou brune, plus rarement grise ou d'un gris verdâtre, elle est quelquefois chatoyante ou rubanée. Par transparence en lames minces, elle est presque incolore en général et limpide. Son indice de réfraction est 1,448. La densité est d'environ 2,4.



Fig. 172. — Obsidienne d'Islande, d'après Rosenbusch.

Elle contient peu ou point d'eau ; la proportion de la silice y peut atteindre 80 °/₀. Au chalumeau, elle fond en verre blanchâtre.

Analyse de l'Obsidienne du pic de Ténériffe par M. Ch. Sainte-Claire Deville : Silice, 69,71 ; Alumine, 19,23 ; Fer oxydulé, 5,48 ; Manganèse oxydulé, 0,30 ; Chaux, 0,58 ; Alcali, 14,70.

Variétés : *Obsidienne porphyroïde*, avec cristaux de

feldspath; *O. ponceuse*, avec trous plus ou moins volumineux; *O. filamenteuse*, formée d'un amas de filaments capillaires; *O. globuleuse* (*Marékanite*), en nodules vitreux, disséminés dans la Perlite à Marekanka près Okhotsk (Sibérie); (*O. sphérolithique*, empâtant des sphérolithes.



Fig. 173. — Structure fluidale avec Séparations de divers crystallites dans l'Obsidienne du Caucase. Réduction d'après Cohen, réduction micrographique.

Au microscope, on y aperçoit des microlithes en forme de prismes allongés, les uns isotropes, les autres agissant surla lumière polarisée, des lamelles de Mica, des aiguilles d'Augite, peut-être d'Amphibole et surtout de la Magnétite. Lorsqu'on attaque l'Obsidienne par l'acide fluorhydrique, on y voit apparaître des microlithes.

A de forts grosssissements, elle montre des pores à bords foncés, à formes irrégulières, quelquefois elliptiques, et remplis de gaz et de vapeurs. Dans un très grand nombre d'entre elles, on voit des fissures capillaires qui ressemblent à des trichites, rayonnant autour d'un grain foncé de magnétite et provenant de la contraction déterminée dans la masse par son refroidissement.

Souvent aussi on y observe de véritables trichites isolées, opaques en général, quelquefois transparentes, dont on ne sait pas la nature minéralogique.

28. **Ponce.** — Elle diffère de l'Obsidienne par les cavités, les trous dont elle est perforée de toutes parts et qui lui donnent l'aspect d'un tissu, d'un réseau de fils de verre parallèles ou entrecroisés, laissant entre eux des vides, des cavités irrégulières. Les couleurs varient du blanc au gris jaunâtre, verdâtre. Elle est rude au toucher, raye l'acier, fond en émail blanchâtre et a une densité de 2,37 à 2,53. Souvent elle renferme beaucoup d'eau, mêlée d'acide chlorhydrique.

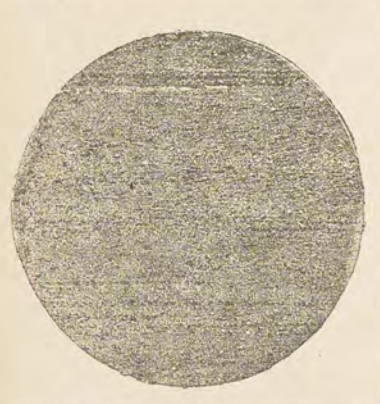


Fig. 174. — Structure fluidale avec arrangement parallèle des Crystallites et Microlithes suivant leur axe longitudinal, dans l'Obsidienne d'El Gasanamé (Cordillères de Quito). Réduction d'après Cohen, *loco citato*.

Au microscope, elle présente la même structure qu'à l'œil nu. On y distingue un grand nombre de pores ; plus il y a de ces vides, et moins il y a généralement d'éléments apparents sous la forme de cristaux séparés de la masse. Ceux-ci sont ordinairement des aiguilles vitreuses mêlées quelquefois de microlithes de Sanidine.



Fig. 175. — OBSIDIENNE ANDÉSITIQUE A PYROXÈNE DE SICCIPAMBA (NOUVELLE-GRENADE). (*Page 286.*)

Au milieu d'un magma entièrement vitreux (59), on distingue des globules (61) également vitreux, ayant l'apparence pétrosiliceuse radiée ou homogène. On y observe en outre des traînées cristallitiques parallèles de fer oxydulé (29) et de pyroxène (20).

(*D'après MM. FOUQUÉ et LÉVY, Pl. XXX, fig. 2.*)

29. Lapilli ponceux. — Cendres ponceuses. — La Ponce apparaît fréquemment au milieu des Trachytes comme étant une de leurs variétés de texture. Elle est encore un des produits de déjection des volcans actuels, surtout sous la forme de blocs, de lapilli ou de cendres.

30. Rétinite. *Pechstein, Pitchstone, Pierre de poix, Perlites.* — Roche vitreuse ou demi-vitreuse, translucide sur les bords, fragile. L'éclat en est assez gras ; la cassure moitié conchoïdale, moitié esquilleuse ; l'aspect, celui de la poix, de la résine, ou d'un émail, d'une terre cuite, suivant que l'éclat en est plus ou moins vif ; les couleurs y varient du vert olive au brun jaunâtre, quelquefois au noir ou au rouge, par suite d'un mélange d'oxyde de fer ; la fusion au chalumeau en en est facile ; elle est accompagnée d'un dégagement caractéristique de vapeurs d'eau ammoniacale, quelquefois bitumineuse et presque toujours de boursouflement.

Les Rétinites contiennent généralement plus de silice que l'Orthose (environ 72 °/₀), et moins d'alumine ; la teneur en eau y oscille entre 5 et 10 °/₀. La dureté en est un peu plus faible que celle de l'Orthose ; la densité approche ordinairement de 2,3.

Souvent elles deviennent *porphyroïdes ;* elles renferment alors des cristaux d'Orthose assez nets, visibles à l'œil nu, assez fréquemment des grains de Quartz, et quelquefois même du Mica, surtout lorsqu'elles se rattachent à des formations porphyriques. Elles sont des modifications vitreuses, soit des Porphyres, soit des Trachytes. Lorsqu'elles se rattachent aux Trachytes, elles sont plus riches en silice, plus acides ; lorsqu'elles dérivent des Porphyres, elles ont le

facies d'une agate ou d'un émail et deviennent volontiers *porphyroïdes*, renfermant alors des cristaux, visibles à l'œil nu, de Feldspath, de Quartz ou même de Mica.

Elles sont quelquefois globulifères, et leurs globules sont composés de Feldspath, *R. perlaires*.

Dans quelques variétés, *R. zonaires*, l'on observe des zones qui ont alternativement l'aspect du verre ou celui d'un émail.



Fig. 176. — Structure fluidale dans la Rétinite du Mélaphyre d'Arran, d'après Rosenbusch.

Dans quelques autres, la masse, vitreuse en général, offre des régions qui ont la texture du Feldspath compacte et ressemblent à une brèche : *R. bréchoide*. Enfin, certaines variétés présentent des cavités amygdalaires remplies d'agate, de calcédoine, etc.

Au microscope, la pâte vitreuse des Rétinites est toujours plus ou moins dévitrifiée. On y observe un grand nombre de microlithes, souvent disposés d'après un arrangement fluidal.

Nous empruntons au bel ouvage de M. Rosenbusch quelques dessins qui montrent la microstructure de ces roches.

Les Trichites sont peu abondantes.

Quelquefois les produits dévitrifiés prennent des formes végétales, par exemple dans la Rétinite de l'île d'Arran, qui renferme des cristaux de Quartz, de Feldspaths, de Hornblende (*fig.* 177).



Fig. 177. — Rétinite vert grisâtre de l'île d'Arran.

Les figures 178, 179, montrent la masse vitreuse des Rétinites de Cattajo et de St-Wendel, résolubles au microscope en microlithes isolés ou groupés.

On voit que les Rétinites des Trachytes ne se distinguent pas au microscope de celles des Porphyres. C'est sur le terrain seul qu'on reconnaît la formation dont elles font partie.

31. **Perlites.** — On a réuni dans un groupe particulier des roches vitreuses composées en totalité ou au moins en grande partie d'éléments globuliformes ou polyédriques. Les globules sont formés de lamelles minces, membraneuses, à éclat gris, qui s'emboîtent comme les tuniques d'un iognon, ou bien ne présentent qu'une masse indivise, sembable ou à du verre ou à un émail. Ils se sont groupés quelquefois confusément, ou bien ils se sont comprimes en s'ac-

collant, comme l'indique leur forme quelquefois polyédrique. Dans certains cas, ils sont isolés les uns des autres au milieu d'une pâte vitreuse ou semblable à un émail, et cette pâte renferme, en outre, tantôt des cristaux de Sanidine ou du Mica, tantôt de l'Opale, des granules d'Obsidienne (Marékanite), des filaments microscopiques analogues à ceux des Obsidiennes, enfin des Sphérolithes (voy. p. 285, au mot *Obsidienne*).



Fig. 178. — Rétinite trachytique jaune verdâtre de Cattajo, d'après Rosenbusch.

Dans les Perlites sphérolithiques (fig. 180 et 181), la silice atteint les proportions de 70 à 80 %, et leur densité est plus forte que dans les Rétinites, auxquelles on peut les rattacher néanmoins à cause de leur origine commune et de l'analogie de leur composition générale.

Au microscope, on ne voit que des portions de courbe analogues aux écailles d'un oignon.

Leur pâte vitreuse, isotrope, renferme un nombre souvent prodigieux de Microlithes et de Trichites, produits par dévitrification, ainsi que des Feldspaths, de la Biotite dichroïque, des grains de Magnétite et des Sphérolithes.

32. Tufs, Conglomérats trachytiques et ponceux. — Les fragments, les lapilli ponceux, les cendres ponceuses ou trachytiques projetés par les volcans ont été emportés par le vent à des distances quelquefois considérables, et souvent remaniés, modifiés, cimentés par les eaux de l'atmosphère ou des ruisseaux et des mers. Il en résulte ces masses en général à fond argiloïde, que l'on appelle : *Tufs*, *Conglomérats trachytiques*, *phonolithiques*, *ponceux*.



Fig. 179. — Pechstein de Saint-Wendel.

33. Tufs trachytiques. — Roche friable ou compacte, grisâtre, jaune d'ocre, terreuse, ayant l'aspect d'une boue volcanique solidifiée, renfermant quelquefois des cristaux de Sanidine, de Mica, etc.

34. Brèches, Conglomérats trachytiques. — Fragments anguleux, galets arrondis de Trachyte, mêlés souvent de débris de roches différentes, cimentés par une pâte qui consiste en tuf trachytique.

35. Tufs phonolithiques. — Débris de Phonolithe, mêlés de fragments de cristaux de Sanidine, de Mica, de Hornblende, de fer magnétique, réunis dans une pâte terreuse, qui fait effervescence avec les acides.

36. Tufs ponceux. — Boue de Ponce, grisâtre, con-

solidée, mêlée de matières étrangères (Mont-Dore en France; Tuf de Pausilippe, près de Naples).

37. **Conglomérats ponceux.** — Fragments de Ponce, agglutinés avec quelques débris de Trachyte, d'Obsidienne, par un tuf ponceux plus ou moins apparent.

38. **Trass** (variété de Conglomérat ponceux). — Ce sont des roches terreuses, mates, grisâtres, jaunâtres, ou brunâtres, plus ou moins compactes, formées d'une poussière ponceuse, décomposée, qui englobe des fragments de Ponce, et quelques morceaux de lave, de schistes argileux, des cristaux de Feldspath, de Mica, des troncs d'arbres carbonisés. Le Trass donne, dans le tube fermé, de l'eau, qui contient souvent de faibles quantités d'ammoniaque, de chlore et même d'acide sulfurique. Il fond souvent avec difficulté en émail grisâtre. Il forme des couches puissantes sur la rive gauche du Rhin, où il est employé comme mortier hydraulique. D'après Cordier (1), la pâte du Trass



Fig. 180. — Perlite de Telkibanya, d'après Rosenbusch.

(1) Voy. Cordier, *Description des Roches*, p. 254.

serait trachytique, plutôt que ponceuse, et le ciment consisterait en hydrosilicate d'alumine provenant de la décomposition des cendres, et quelquefois en alunite. Cordier reconnaît bien des roches provenant de la décomposition de la Ponce, ou des cendres ponceuses; mais il appelle les premières *Asclérines* (Perrier, près d'Issoire); les dernières *Alloïtes* (grotte du Chien).

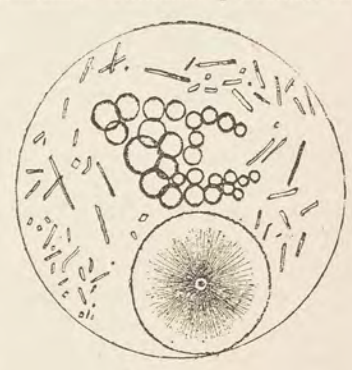


Fig. 181. — Perlite de Telkibanya.

10° TYPE SCHISTEUX.

39. **Gneiss**. — Les Gneiss se composent essentiellement de **Feldspath**, de **Mica** et de **Quartz**. Ils se distinguent du Granite par leur texture schisteuse, par la disposition de leurs lamelles de Mica, sur des surfaces parallèles qui forment comme des membranes divisant la roche en feuillets plans ou contournés, parfois plissés en zigzags, alternes avec des lits plus ou moins minces de Quartz et de Feldspath. Le Quartz, riche en inclusions fluides, contenant quelquefois de l'acide carbonique liquide et souvent des *libelles* ou bulles mobiles (Saint-Gothard) se présente en petits grains plus ou moins grisâtres, étirés, déprimés, souvent

difficiles à distinguer du Feldspath sans le secours du microscope. Malgré sa structure, la roche ne se prête pas toujours facilement à la séparation des feuillets dont elle se compose. Cela est vrai surtout de ces *gneiss à grands traits* qui forment les limites extérieures des granites à texture granitoïde proprement dite dans leur zone de contact avec les roches encaissantes. Les gneiss de formation véritablement indépendante sont peut-être plus parfaitement schisteux. L'orthose en est le Feldspath dominant.

Dans les *gneiss rouges*, qui doivent cette couleur générale à celle de l'Orthose, il entre plus souvent de l'Oligoclase et de l'Albite en Saxe, d'après Jenzsch. Un certain nombre de ceux-ci sont regardés comme d'origine éruptive. Le Quartz forme environ le quart de la masse des Gneiss en général; et le Mica s'y trouve en proportions très variables, de 10 à 30 %.

Le Mica semble fort abondant, lorsque l'on casse la roche parallèlement aux surfaces sur lesquelles il est distribué ; mais, dans les cassures perpendiculaires, il apparaît en proportions beaucoup moindres. Souvent le Feldspath se rassemble çà et là dans la masse en rognons, et le Mica en nodules. La densité de la roche est en moyenne de 2,6 à 2,7. Le rapport des quantités d'oxygène contenues dans les bases, à celles de l'oxygène de la silice, varie de 0,21 (Gneiss de Suède) à 0,3 (Gneiss grès de Fribourg) et atteint quelquefois 4. Le Gneiss gris contient 66 % de silice et le Gneiss rouge environ 75.

Éléments accidentels : *Sillimannite*, assez fréquemment; *Grenats* rouges*; Apatite; Cordiérite* (Cordieritgneiss); *Graphite*; *Calcaire*; *Oligiste*; *Magnétite;*

Pyrite; Epidote; Sphène; Zircon; Spinelle; Saphir; Disthène; Staurotide; Rutile; Molybdène sulfuré, etc.

Les gneiss, en général, forment les assises inférieures des terrains cristallisés schisteux, le soubassement de tout ce qu'il nous est permis de connaître dans les roches qui composent l'écorce du globe. Les Granites les traversent en dykes, en masses éruptives et leur sont, par conséquent, postérieurs. Doit-on regarder les gneiss comme le produit de la première consolidation de la surface du globe au moment où il a commencé à se refroidir? Pour comprendre leur structure, il faudrait admettre un anneau sphérique non encore solidifié sous un autre qui l'était déjà. Dans celui qui ne l'était pas, les éléments se seraient donc disposés suivant leur ordre de densité, un lit de Mica en dehors ou au-dessus, un lit de Quartz et de feldspath en dedans ou au-dessous, et l'enveloppe commune aurait maintenu les deux couches dans cet ordre conforme aux lois de la physique. Mais plus on y réfléchit, et moins on se figure cette disposition des éléments Mica et Quartz avec Feldspath, répétée un nombre incalculable de fois, comme on peut le voir en comparant l'épaisseur d'une tranche verticale à celle des segments superposés qui la constituent. L'alternance des membranes planes ou ondulées de Mica et des bandes plus ou moins parallèles de Feldspath et de Quartz rappelle plutôt la stratification des matières solides déposées par les eaux. On peut supposer que la première pellicule solidifiée du globe était couverte d'une masse d'eau chargée elle-même des vapeurs atmosphériques et qu'elle était en même temps comme imbibée des effluves de vapeurs souterraines. L'action de ces

vapeurs a dû déterminer la cristallisation des éléments qui se solidifiaient dans l'eau encore très chaude; ce qui est certain, c'est que la structure schisteuse de la masse souvent oblique par rapport aux lits de Mica y provient des actions mécaniques déterminées par les mouvements qui l'ont tourmentée dès le principe. (Voy. *Structure schisteuse*.)

Variétés. *Gneiss protoginiques*. Dans les protogines du mont Blanc, la structure schisteuse est souvent des plus apparentes, au point qu'on pourrait les regarder, dans leur ensemble, comme des *gneiss à grands traits*. Nous regardons les protogines, schisteuses ou non d'apparence, comme des roches éruptives qui doivent à des actions mécaniques souterraines leur schistosité, aussi bien que leur apparition à la surface du globe.

Gneiss amphibolifères. Dans certains gneiss, l'Amphibole remplace plus ou moins complètement le Mica, et quelquefois s'altère en même temps que le Feldspath se kaolinise.

40. **Leptynite** (*Syn. Weisstein*, *granulite* de Weiss; Feldspath grenu). — On appelle ainsi des roches formées de petits grains cristallins d'**Orthose**, auquel se mêlent, en quantités très variables, du *quartz* et un *Feldspath plagioclase*. Le facies de cette roche a de l'analogie avec celui d'un grès; mais elle fond au chalumeau en émail blanc.

Les leptynites sont subordonnés aux gneiss, dont ils sont des dérivations. La structure schisteuse y est rendue quelquefois visible, et produite par des rangées parallèles de petits cristaux de *grenat* ou du *quartz laminaire*. Ils se divisent facilement en plaques. Ils contiennent encore accidentellement du *Mica* (passage

aux gneiss), du *Disthène bleu*, de l'*Épidote*, de l'*Amphibole* et de la *Tourmaline*.

41. **Schiste euritinique** (*Hälle flinta*, Felsitschiefer; *Euritine*, Cordier; *Hornschiefer*, Lossen). — Schistes à grands traits, à teintes claires, difficilement fusibles au chalumeau, d'une grande dureté, à cassure finement esquilleuse, souvent un peu conchoïdale, compacts ou grenus, composés essentiellement d'une masse microcristalline, de **Quartz** et de **Plagioclase**, où apparaissent quelques cristaux très petits de Feldspath, quelques grains de *Magnétite*, et, comme produits de décomposition, de la *Chlorite* et des oxydes *de fer*. En s'adjoignant quelques paillettes de Mica, ils passent aux Micaschistes.

D'après M. Credner (1), les cristaux de Plagioclases sont couchés sur leur face g^1, parallèlement aux plans de schistosité. D'après Zirkel, ils contiennent des microlithes d'un élément caractéristique des phyllades, la *Tourmaline*.

Éléments accessoires : *Magnétite*, d'un noir bleuâtre en lumière réfléchie; *Hématite*, *Chlorite*. En bloc, ils renferment environ 75 °/₀ de silice, 12 d'alumine, 6 à 7 °/₀ de soude, un peu d'oxydes de fer, de chaux, de magnésie, etc.

M. Credner a observé ces schistes aux environs d'Hainichen, en formation indépendante, de l'âge des Phyllites et passant, dans leur partie inférieure, aux Micaschistes qui recouvrent comme un manteau la formation de granulite. Ils paraissent également indépendants des roches éruptives dans le Taunus.

(1) Credner. — *Das Grünschiefer System von Hainichen*. Zeitschrift für die Gesellschaft der Naturw. Halle. 1876.

M. Lossen a montré qu'ils sont en relation avec les Ophitones dans le Hartz. Malgré leur origine sédimentaire, ils sont absolument microcristallins.

CHAPITRE IV

ROCHES AMPHIBOLIQUES

1° TYPE GRENU à Orthose dominant.

42. **Syénite.** — Nom donné par Werner aux roches granitoïdes composées de Feldspath et Hornblende.

Tout en admettant la définition de Werner qui écrivait ce mot *Siénite*, Haüy avait déjà remarqué que le Granite rouge des environs de Sienne, en Égypte, contient souvent beaucoup plus de Mica noir que d'Amphibole.

La définition de Werner convenait aux roches des environs, non pas de Sienne, mais de Dresde, jusqu'au jour où les études microscopiques ont montré que celles des environs de Dresde contenaient aussi du Quartz.

En France, on a longtemps regardé les Syénites comme des granites où l'Amphibole remplaçait totalement ou en partie le Mica. C'est ce qui ressort des analyses suivantes :

Roche du ballon de Giromaguy analysée par Delesse sous le nom de Syénite : 19 d'Orthose d'un rouge fauve, 33 d'Andésine blanche, 19 de Hornblende, 29 de Quartz, avec une faible quantité de Sphène, Mica foncé, magnétite, etc. ; elle a pour densité 2,7 en

moyenne et 2,47 une fois fondue. Celle de Rennäs (Suède), d'après le même auteur, composée surtout d'Orthose rougeâtre, renferme aussi de l'Oligoclase verdâtre, de la Hornblende d'un vert noirâtre très disséminée, un peu d'Oligiste, des traces de carbonates, enfin un peu de Quartz, de Pyrite cubique, d'Epidote; elle a pour densité 2,623; il y entre 78 % de Silice.

On tend aujourd'hui à réserver le nom de Syénites aux roches qui ont l'allure et la composition des Granites, qu'elles soient ou non amphibolifères, pourvu qu'elles ne contiennent pas de Quartz.

Nous ne croyons pas devoir admettre pour le mot *Syénite* une définition si éloignée de celle du grand minéralogiste qui l'a créé. Nous appellerons *Syénites* les roches granitoïdes, composées de Feldspath orthose, avec ou sans Plagioclases, et de Hornblende; *Syénites quartzifères*, celles qui admettent en outre du Quartz en proportion sérieuse dans leur composition, et qu'on peut considérer comme des granites où l'Amphibole remplace le Mica; enfin *Granites syénitiques* ou *Granites à amphibole*, les roches composées de Feldspath, de Quartz et de Mica, et qui contiennent en même temps de l'Amphibole.

Parmi ces éléments, c'est l'Orthose qui l'emporte de beaucoup en quantité dans les Syénites. Ce Feldspath s'y présente lamellaire, souvent d'un rouge fauve, ou d'un rouge de chair, parfois bleuâtre ou violacé. L'*Oligoclase* s'y rencontre souvent en grains striés, grisâtres; la Hornblende y forme des prismes noirs, ou d'un vert foncé.

La teneur en silice est en moyenne de 60 à 61 %.

Éléments accessoires: *Mica*, à éclat vif, souvent noir;

Quartz hyalin, gris, parfois enfumé (passage au granite syénitique); *Zircon*, *Sphène*, en petits cristaux plus souvent simples que groupés.

Au microscope on voit que l'Orthose renferme parfois des paillettes de fer oligiste ou même des fluides; qu'il est souvent accompagné de Feldspaths plagioclases; que ce Mica magnésien est d'un vert clair; que l'Amphibole en grains verts se rapproche des Pyroxènes par ses lignes d'extinction; qu'il n'est pas rare de rencontrer auprès de l'amphibole une certaine quantité d'Épidote, et même que l'Augite est un élément accidentel de quelques-unes de ces roches (par ex. la roche de monte Monzoni, qui devient une *Syénite à Augite*).

Il paraît exister fort peu de Syénites sans Quartz.

Dans certaines variétés le grain devient plus fin, et de grands cristaux de Feldspath les rendent porphyroïdes. Les Syénites forment des amas considérables à cimes arrondies dans les Gneiss, les Micaschistes, dans les terrains de transition. Dans les Vosges, elles se rattachent aux Granites syénitiques par des passages insensibles.

Les Syénites à Amphibole ferrugineuse se décomposent facilement en une argile ocreuse.

43. **Syénites zirconiennes.**—Dans ces roches, qui renferment de nombreux cristaux de zircon, la Hornblende disparaît parfois presque complètement, et le Feldspath appartient à cette belle variété d'Orthose dont les magnifiques reflets rivalisent avec ceux du Labrador.

44. **Amphibolites.** — Roche de **Hornblende grenue.** — C'est ordinairement une variété de Diorite, sans Feldspath. Dans les Pyrénées (Haute-Garonne) il n'est pas

rare de rencontrer des blocs presque entièrement composés de Hornblende en prismes confusément groupés, mais à clivages très distincts. G. Bischof a décrit une roche de Hornblende en forme de filon dans une Diorite à gros grains du Weidenthal, dont la densité est de 2,947. Quelques variétés présentent la texture schisteuse.

Éléments accessoires : *Grenat*, *Épidote*, *Feldspaths*.

2° TYPE GRENU à Plagioclases dominants.

45. **Diorite.** — Agrégat grenu, noirâtre, ou d'un vert plus ou moins foncé dans l'ensemble, plus exactement d'un blanc moucheté, composé de **Hornblende** et d'**Oligoclase** souvent en quantités à peu près égales (Hartz et Vosges). Dans les Diorites des Pyrénées (*Ophite de Palassou*), la Hornblende est généralement dominante.

Les grains de Hornblende y sont prismatiques ; leur cassure est lamellaire, brillante, noire ou d'un vert foncé ; quelquefois ils s'allongent et se rassemblent en petites houppes. Ceux d'Oligoclase sont striés, blancs, ou d'un blanc jaunâtre ou verdâtre. La densité est d'environ 2,9.

Éléments accessoires : **Quartz**, en grains grisâtres, très fréquent dans les variétés grenues, où il atteint la proportion de 4 à 5 %; **Albite**, rare; **Orthose**, dans les Diorites du Hartz, d'après Keibel ; **Labrador** ; **Pyroxène** ; **Épidote**, très fréquente surtout dans les Diorites des Pyrénées, soit disséminées dans leur masse, soit en druses cristallines sur les parois de leurs cavités. Durocher a trouvé jusqu'à 40 % d'Épidote dans une Diorite de Saint-Beat (Haute-Garonne).

Minéraux accidentels : *Pyrite cubique*, *Magnétite*,

Chlorite, *Sphène*, *Pyrite magnétique*, *Mica*, *Calcaire*. Les Diorites se décomposent souvent en blocs, quelquefois plus ou moins polyédriques, ordinairement arrondis, où l'on voit une croûte argileuse, jaune ou brune, riche en magnésie et en hydrate d'oxyde de fer.

Au microscope, le Feldspath plagioclase apparaît en bandelettes étroites et en grains finement striés; il est souvent utile, pour distinguer les stries, de traiter la section mince par quelques gouttes d'acide chlorhydrique étendu qui lui enlèvent ses parties altérées. Quelquefois il y a un peu d'orthose. La Hornblende verte, ou jaunâtre, bleuâtre, et quelquefois brune, se montre en longs prismes très fibreux ou en grains; elle est souvent décomposée en une matière verte; elle est peu dichroïque. Le Quartz, quand il y en a, est riche en inclusions fluidales. La Magnétite, l'Apatite, le Sphène ont leurs caractères ordinaires. Le Mica magnésien, d'un rouge brun, est très déchroïque losqu'il est vu sur la tranche; ses lamelles ont leurs contours arrondis. Le calcaire, qu'on reconnaît surtout par son effervescence avec les acides étendus, est en général un produit de décomposition; cependant quelques auteurs le regardent comme de formation primordiale dans certains cas où il est enveloppé par des feldspaths, tout en conservant des contours nets et réguliers.

Variétés. *Diorite ordinaire* ou *granitoïde*, à grains plus ou moins gros, tous de grosseur à peu près semblable. Le grain est d'autant plus petit que le filon est plus mince. Cependant M. Delesse a observé des grosseurs de grains très différentes dans les mêmes

masses. D. porphyroïde, en grains assez fins, avec gros cristaux de Hornblende ou d'Oligoclase.

Diorite schistoïde. Hornblende en lamelles formant des zones alternes avec de l'Oligoclase.

Diorite micacé de M. Delesse. Beaucoup de Mica; pas de Quartz; 48,9 % de silice.

Monzonite (Roche composée de Pyroxène, d'après Cordier; de Hornblende, d'après M. de Lapparent). Cette variété passe à la Syénite.

Norite d'Esmark. Diorite passant à un Granite à Oligoclase.

Les Diorites forment des amas considérables, à la manière des Granites, dans les roches cristallines et dans les terrains de transition. Ceux des Pyrénées (*Ophite dè Palassou*) percent le terrain nummulitique. Certaines variétés à texture schisteuse paraissent subordonnées aux micaschistes ou aux gneiss.

46. **Corsite** (*Diorite orbiculaire, Diorite globulaire, Granite de Corse*). — Assemblage grenu d'**Anorthite**, de **Hornblende** et d'une petite quantité de Quartz. Les éléments affectent dans cette roche une disposition caractéristique : ils s'y disposent fréquemment en espèces de membranes à peu près sphériques, où dominent alternativement l'Anorthite et la Hornblende; dans une section quelconque, l'on aperçoit nettement les zones, successivement blanches et noires ou d'un noir brunâtre, qui en résultent.

La centre des globules est grenu.

La roche contient 48,05 de silice et 11,04 % de chaux. Elle a pour densité 2,768. Elle contient 84 % d'Anorthite, soluble dans les acides, et 16 % de Hornblende. Ces déterminations sont dues à Delesse.

Au microscope, le Feldspath montre les extinctions de l'Anorthite; il forme des aiguilles fines, serrées, qui divergent autour d'un centre commun, et qui sont interrompues par les lamelles ou écailles d'Amphibole disposées en couches concentriques les unes aux autres. On y rencontre enfin de l'Augite très dichroïque.

47. **Tonalite.** — Roche grenue et à grains fins, composée de Feldspath strié, d'un blanc de neige, qui a les caractères extérieurs de l'Oligoclase, mais qui ne contient guère que 57 % de silice; de Quartz ordinairement en grains grisâtres, et de petites quantités de Hornblende vert noirâtre et de Mica brun.

Minéraux accidentels : *Sphène*, *Magnétite*, *Pyrite*, *Corindon*, *Orthite*, *Epidote*.

Cette roche ne se rencontre guère qu'à Tonale, dans les Alpes méridionales. C'est un Diorite quartzifère.

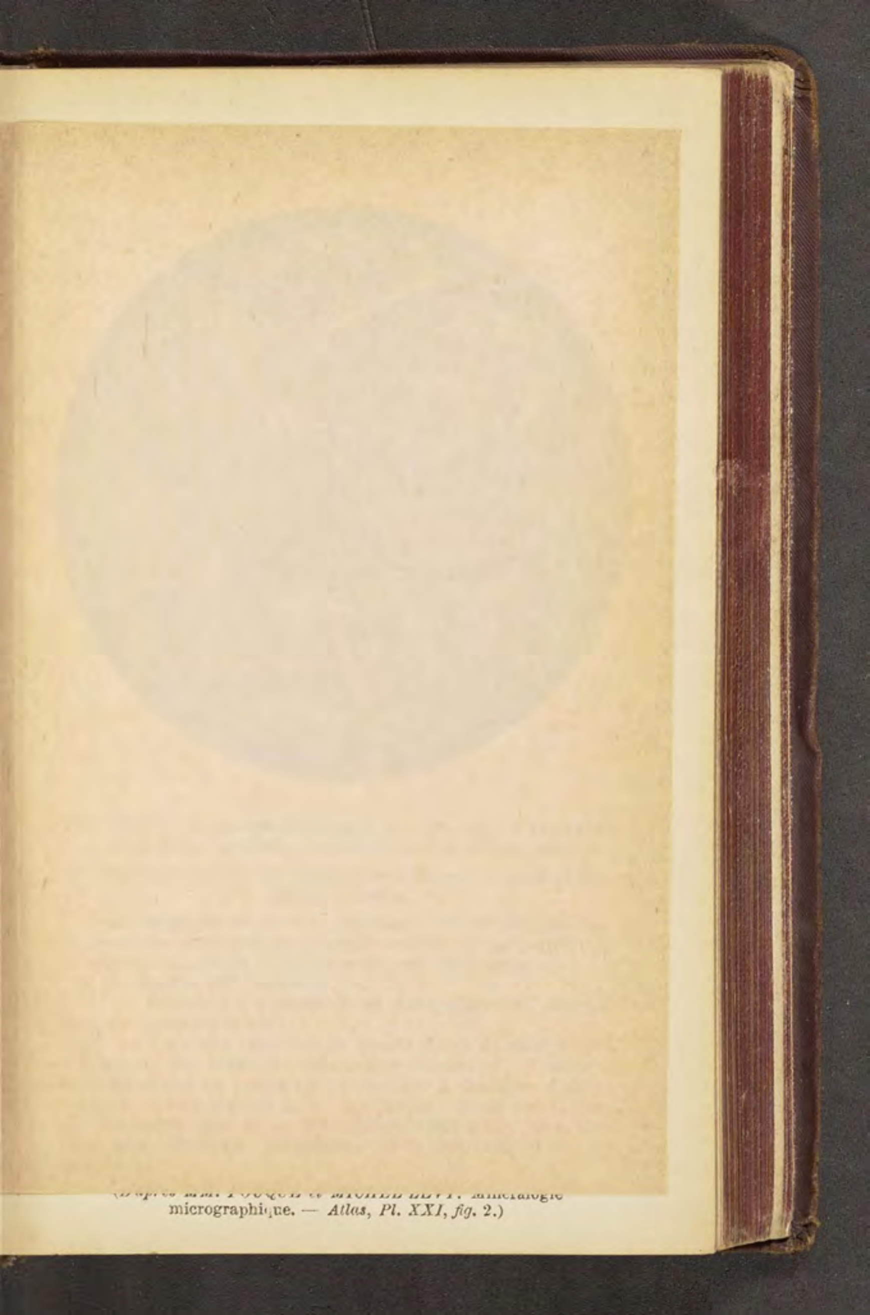
3° TYPES PORPHYRIQUES

à Orthose dominant.

48. **Porphyre syénitique.** — Pâte et cristaux d'**Orthose** et d'**Amphibole** ; souvent du Mica noir.

A Plagioclases dominants.

49. **Aphanite**, H. (*Dioritine*, Cordier; *Oligophyre à Amphibole*.) — Masse compacte, ayant l'aspect d'une pâte analogue à celle des Pétrosilex, mais formée d'Oligoclase et de Hornblende, en particules indistinctes et intimement mélangées. Elle est très tenace, quelquefois sonore. Couleurs : gris verdâtre, noirâtre. Cassure : inégalement esquilleuse, souvent



(D'après MM. FOUQUÉ et MICHEL LÉVY. Minéralogie
micrographique. — *Atlas, Pl. XXI, fig.* 2.)



Fig. 182. — PORPHYRE SYÉNITIQUE A LABRADOR ET PYROXÈNE DE CRESSY-SUR-SOMME (SAONE-ET-LOIRE). (*Page* 304.)

Grossissement = 84 *diamètres. Lumière polarisée, nicols croisés.*

Cette roche forme un filon puissant dans les schistes maclifères dévoniens qui paraissent à la base du carbonifère de la région. Le dessin représente les minéraux suivants :

I. — Augite (20), labrador (7).

II. — Microlithes d'albite (5) et d'oligoclase (6), microlithes de hornblende (21).

III. — Vacuoles remplies de quartz (1) et de calcite (49).

L'augite est plusieurs fois maclé suivant h^1, il est souvent ouralitisé en partie ou en totalité. Microlithes d'albite souvent maclés suivant la loi de l'albite: leurs extinctions ne dépassent pas 20°... Microlithes d'oligoclase rare, plus fins, plus allongés. Microlithes de hornblende d'un vert émeraude.

(*D'après MM. FOUQUÉ et MICHEL LÉVY.* Minéralogie micrographique. — *Atlas, Pl. XXI, fig.* 2.)



Fig. 183. — ANDÉSITE A AMPHIBOLE D'ABKANGELO (SANTORIN). (*Page 304.*)

La roche forme comme un amas intercalé dans les assises de l'andésite amphibolique et épanché comme celle-ci pendant le pliocène supérieur.

I. — Fer oxydulé, pyroxène vert (20), amphibole brune (21), sanidine (3), labrador (7).

II — Magma vitreux fluidal (59) avec vacuoles (*a*).

(*D'après MM. FOUQUÉ et MICHEL LÉVY, Pl. XXX, fig.* 1.)

luisante. Densité de l'Aphanite des Vosges : 2,968. Teneur en silice : 46,83 (Delesse). La pâte offre souvent une structure fluidale très nette.

Minéraux accidentels : *Pyrite*, *Épidote*.

Variétés : *Aphanite massive*, *Aphanite schisteuse*.

4° TYPES TRACHYTIQUES

à Orthose dominant.

50. *Trachytes à Amphibole.* — Trachytes dont l'Amphibole devient un élément essentiel.

A Plagioclases dominants.

51. **Andésites à Hornblende.** — Eléments essentiels : **Plagioclases** ordinairement microlithiques ; **Hornblende** en cristaux bruns très dichroïques, et en agrégats grenus.

Matière vitreuse isotrope plus ou moins abondante.

Eléments accessoires : *Pyroxène verdâtre*, peu dichroïque ; *Magétite*, *Mica magnésien*, *Apatite*, *Trydimite*, *Sanidine*.

Structure : grenue avec regions vitreuses et microlithiques où l'on observe quelquefois la disposition fluidale.

52. **Porphyres andésitiques à Amphibole.** — Modifications porphyriques des roches précédentes.

53. **Dacites à Hornblende.** — Andésites à Hornblende quartzifères. Aux éléments essentiels des Andésites s'ajoute du **Quartz**, en cristaux généralement distincts à l'œil nu, renfermant quelquefois des inclusions liquides.

Roches renfermant de la Néphéline et de l'Amphibole.

54. **Diorite éléolithique** — Roche grenue, ayant pour éléments : **Amphibole, Oligoclases,** dominants, puis **Eléolithe, Zircon, Sodalithe.**

55. **Phonolithes à Amphibole.** — Ce sont des phonolithes, dont l'*Amphibole* devient un élément essentiel.

5° TYPES SCHISTEUX.

56. **Schistes amphiboliques.**

1° A base d'**Actinote.** Roches composées de prismes aciculaires d'Actinote parallèles, ou groupés en houppes ; ordinairement la texture en est schisteuse.

2° A base de **Hornblende.** Agrégat schisteux cristallin de Hornblende, avec *Grenat, Épidote, Pyrite.*

Roches accidentelles au milieu des schistes cristallisés (Voy. *Gneiss amphibolifères*, p. 296).

Aux Schistes amphiboliques se rattachent les *Grunschiefer*, qui contiennent d'assez grandes quantités de *Chlorite* pour être aussi bien considérés comme *Schistes chloritiques*. Ceux des environs d'Hainichen consistent, d'après M. Credner, en un assemblage microscopique de grains de **Feldspath, d'Epidote,** d'aiguilles d'**Amphibole,** de **Magnétite** et d'une quantité variable, mais toujours importante, de **Chlorite.** Accessoirement : *Pyrite* et *Calcaire.*

Certains contiennent du Quartz, et passent aux Hornschiefer en perdant l'Epidote et l'Amphibole.

CHAPITRE V

ROCHES PYROXÉNIQUES

57. **Roche d'Augite.** — Signalée par Sterry-Hunt à Chatham, Canada. Roche formée d'Augite grenue. Accessoirement : *Tourmaline, Amphibole, etc.*

Coccolithes.—Masses formées de grains de Pyroxène, tantôt blanc (à base de chaux et de magnésie), tantôt vert ou noirâtre (à base de chaux, de magnésie, de fer).

58. **Eulisite**, Erdmann. — Mélange de **Pyroxène vert**, de **Grenat rouge** avec **Magnétite**.

CHAPITRE VI

ROCHES PYROXÉNIQUES AVEC FELDSPATHS

Presque toujours, les espèces minérales du groupe des Bisilicates, soit clinorhombiques (Diopside, Diallage, Augite), soit orthorombiques (Hypersthène, Bronzite, Enstatite), sont associées à des Feldspaths plagioclases.

Nous diviserons les associations de Pyroxène et de Plagioclases en anciennes et jeunes.

1° PRÉTERTIAIRES, **à Types grenu et porphyrique.**

59. **Ophitone**, Cordier (synonymes *Diabase* des auteurs récents, *Mélaphyre grenu*). — Nous préférons le nom d'Ophitone à celui de Diabase. Ce dernier a été créé

par Brongniart pour la roche appelée déjà Diorite par Haüy.

De lui-même, Brongniart avait retiré de la nomenclature ce mot qui faisait double emploi. D'un autre côté, Cordier, auquel on doit la première détermination précise de la composition minéralogique des Basaltes, a donné il y a longtemps, au Muséum, dans ses leçons publiques, une classification excellente pour cette époque des roches pyroxéniques; il appelait Ophitone le mélange de Pyroxène et de Feldspath gras encore indéterminé, d'âge prétertiaire. Cependant le nom de Diabase reparaissait à l'étranger, mais appliqué à la roche dont il est ici question. Nous croyons juste, à tous les points de vue, de conserver le nom d'Ophitone, qui n'a pas été ballotté comme celui de Diabase, d'une espèce à une autre, et dont l'auteur avait tous les droits possibles à dénommer les roches pyroxéniques.

L'Ophitone est une roche massive, grenue, composée de **Feldspaths plagioclases**, d'**Augite**, de **Magnétite** et d'une matière verte de la nature des *Chlorites*, qu'on regarde comme un produit de décomposition.

Dans quelques-unes, l'**Olivine** joue un rôle assez important pour qu'on puisse distinguer, avec Rosenbusch, celles qui renferment de l'Olivine de celles qui n'en contiennent pas.

Minéraux accidentels : *Pyrites*, *Œil-de-chat*, *Epidote*.

La proportion de Silice y varie de 45 à 53 °/₀; la densité est d'environ 2,8; elle atteint 2,93 dans un certain nombre de variétés à grains fins de la Suède et du nord de l'Irlande.

Les Ophitones sont des roches éruptives antérieures aux terrains tertiaires, qui ont, avec les Mélaphyres, les mêmes connexions que les Dolérites avec les Basaltes.

Variétés : *O. à grains moyens* (des terrains silurien et dévonien); *O. à grains fins* (des terrains carbonifère, peronien et triasique); *O. schisteuse*, d'un vert grisâtre ou noirâtre (Elbingerode, Hartz; Zwickau, Saxe); *O. calcarifère*, contenant beaucoup de grains calcaires parmi leurs produits de décomposition, et devenant assez tendre pour être rayée par une pointe d'acier; très facilement fusible; *O. amygdalaire*, à cavités remplies de calcaire. Souvent les Ophitones ont une surface chagrinée, dont les parties creuses tiennent à la disparition de leur élément feldspathique altéré. La décomposition de ces roches donne lieu à la formation d'une argile marneuse, mêlée de grains noirs d'Augite.

Le Feldspath, souvent méconnaissable à cause de ses altérations, est strié lorsqu'il est frais. Sur les sections parallèles au plan g^1, les extinctions se font sous des angles plus élevés que dans le Labrador, bien que l'analyse en fasse rapporter les cristaux à cette dernière espèce. Ces cristaux ne paraissent pas cependant tous attaqués par l'acide chlorhydrique bouillant. Ils se composent de lamelles réunies avec inversion suivant la loi de l'Albite, qui se groupent de nouveau en se pénétrant suivant la loi de Carlsbad.

Au Feldspath bioblique se mêle souvent une petite quantité d'Orthose.

L'Augite forme, en général, des grains irréguliers, sillonnés ordinairement de stries comme la Diallage,

et de couleur généralement pâle, tirant sur le brun et le jaune, ou même sur le violet. On rapporte à la Chlorite la matière fibreuse qui colore si souvent la masse en vert.

Une partie des Ophitones de la basse Silésie contiennent, parmi leurs éléments essentiels, de la Hornblende polychroïque (bleu violacé et jaune clair), souvent groupée avec l'Augite, de façon que les deux substances ont leurs axes parallèles, enfin, de l'Ouralite; comme produits de décomposition ou de formation secondaire, se rencontrent aussi, dans cette roche, de la chlorite, du calcaire, de l'oligiste et le Leucoxène de Gümbel accompagnant le fer titané (massif de Beyrich). Décomposée, la roche présente un agrégat de quartz, de calcaire, de chlorite, d'épidote et d'oxydes de fer. Cette roche passe aux Diorites. Comme types d'Ophitones, on peut citer les trapps de l'Écosse occidentale et des Hébrides. Ceux de l'île d'Arran contiennent du quartz, qu'on regarde comme originel.

Il en est enfin qui contiennent tant de calcaire que les anciens auteurs en avaient fait une roche particulière sous le nom de *Diabase calcarifère* (Kalkdiabas); souvent le calcaire donne à la roche un aspect variolitique. Les Ophitones ont une tendance très marquée vers la texture schisteuse. Dans le pays de Nassau, on a donné le nom de *Schalstein* à une de ces roches, qui se compose souvent d'écailles ou de tuniques concentriques comme celles d'un oignon.

Certaines de ces roches à texture schisteuse paraissent avoir une origine vraiment sédimentaire et être devenues cristallines par des actions postérieures.

60. **Schistes augitiques.** — Cristaux d'**Augite**, brisés en morceaux qui sont ressoudés les uns aux autres quelquefois par des fibres d'Ouralite ; aiguilles de Hornblende bleue. Observés par M. Gürich dans la basse Silésie. Ces schistes alternent avec les Ophitones à Alt-Schönau.

61. **Ophitones labradoriques** ou **anorthiques** (Syn. Diabases labradoriques et anorthiques de MM. Fouqué et Michel Lévy). — Roches grenues anciennes, composées de **Labrador** et d'**Augite.** Ce sont des Ophitones ou des Diabases dont le Labrador ou l'Anorthite excluent plus ou moins complètement l'Oligoclase.

62. **Ophites.** — Ce sont les roches des Pyrénées, formées de microlites d'Oligoclase ou de Labrador, associés à de l'Amphibole et à de l'Augite, mélangées intimement de Diallage.

2° PRÉTERTIAIRES **à Type porphyrique.**

63. **Plagiophyres à Augite** (Syn. *Ophite*, Cordier; *Porphyre vert antique, noir; Toadstone; partie des Trapps et des Grünsteins; Porphyres verts, noirs).*

Un des plus vieux noms des roches est celui d'Ophite. Denis le Périégète, quelques années avant l'ère chrétienne, parlait déjà de la roche *ophiëtis* où naît le béryl glauque, ce qui suppose une roche granitique. Puis on retrouve ce nom d'Ophite, dans Dioscoride et dans Pline, comme désignant une roche que son facies faisait ressembler à la peau des serpents, et que cette ressemblance faisait regarder par une association d'idées peu scientifique, mais habituelle à l'antiquité, comme le meilleur antidote contre le venin

des serpents. Une de ces ophites, noire, dure, paraît un granit; blanche, tendre, une serpentine.

La roche appelée Ophite par Cordier était le marbre lacédémonien de Pline, *le plus gai de tous*, dont MM. Virlet et Boblaye ont retrouvé les anciennes carrières entre le Lebetsova et Marathonis, en Laconie, et qu'on a plus tard appelé en Italie : *Porfiro verde antico*. Palassou a, de son côté, appliqué le nom d'Ophite aux roches des Pyrénées qui paraissaient constituer toute une formation, mais qui ne sont pas de même nature, ni toujours de même âge. Plus récemment, Brongniart a donné le nom de Mélaphyres à ces roches, et celui de *Mélaphyre vert!* à la variété de Grèce; il les définissait comme composées de feldspath et d'amphibole. Aussi Cordier, qui avait reconnu le pyroxène comme étant leur élément caractérisque, avait-il reporté le nom de Mélaphyres aux roches vraiment amphiboliques et ressuscité l'ancien nom d'Ophite pour les pyroxèniques. L'usage a prévalu; presque tous les auteurs appellent aujourd'hui Mélaphyres les roches porphyriques à base d'augite. M. Rosenbusch, il est vrai, ne l'applique plus qu'à celles de ces roches qui contiennent du péridot, classant les autres parmi les Porphyrites. Nous donnerons la dénomination de Plagiophyres à augite au groupe des Porphyres composés d'augite et de feldspath bioblique, jusqu'à ce qu'on ait pu y distinguer réellement des oligophyres, labradophyres, anorthophyres à augite, suivant qu'on aura pu y reconnaître comme Feldspath exclusif, ou au moins dominant l'Oligoclase, le Labrador ou l'Anorthite, et nous ajouterons l'épithète de Péridotifère à ceux qui contiendront en outre du péridot.

Ce sont des roches éruptives, antérieures aux terrains tertiaires, noires ou d'un vert plus ou moins foncé dans l'ensemble.

Éléments essentiels : 1° distincts à l'œil nu ou à de plus ou moins forts grossissements : **Feldspaths**, **Augite**, **Magnétite**, en plus ou moins grande quantité, fréquemment **Olivine** ; 2° Adélogènes, substance amorphe, que le microscope ne peut décomposer.

Ordinairement la roche est imprégnée de chlorite qui la colore en vert. Elle fait effervescence dans l'acide chlorhydrique et y devient jaunâtre. Au chalumeau elle perd de l'eau, prend une teinte plus claire, et fond plus ou moins facilement en une perle d'un vert bouteille.

La densité varie de 2,7 à 3. Elle est en moyenne supérieure à 2,8.

Minéraux accidentels : *Pyrites; Quartz* et ses variétés : *Améthyste*, *Œil-de-chat*, *Calcédoine*, disséminés, non pas d'une manière homogène, mais toujours çà et là, en petites masses cristallines ou concrétionnées; *Épidote*, *Axinite*, *Terre verte*, *Hornblende*, *Mica*.

Les Plagiophyres tendent à la texture vacuolaire, et leurs vacuoles sont remplies en général d'amandes de différentes variétés de Quartz, mêlées de terre verte, tandis que les roches basaltiques, lorsqu'elles prennent la même texture, renferment des zéolithes. Ils se distinguent des porphyres amphiboliques par les transformations en chlorite, en serpentine, de leur augite, qui offre rarement des formes cristallines bien nettes.

Variétés de composition générale :

1° *Plagiophyres*, dont la teneur en silice est inférieure à celle du Labrador (53 °/₀). Un grand nombre des P.

de Norvége (48,76 %, d'après Kjerulf); P. de la vallée de Fassa, Tyrol (45,65 %, dentité 2,71, d'après Streng).

2° *Plagiophyres sursilicés*, dont la teneur en silice est supérieure à 53 %. Certains Plagiophyres des environs de Christiania (58,5 %, d'après Kjerulf); P. du flanc gauche de Mühlenthal (57 %); P. amygdalaire de Faucogney, Haute-Saône (54,42 %, densité : 2,906, d'après M. Delesse); P. noir d'Elbingerode, Hartz (57 à 58 %).

Mais la roche de la vallée de Fassa est composée d'éléments cristallisés distincts au moins à de forts grossissements et doit être classée parmi les Ophitones. Les vrais Plagiophyres contiennent une substance non individualisée à laquelle on peut attribuer l'excès de silice.

On doit à MM. F. Zirkel et G. Haarmann l'analyse microscopique d'un grand nombre de ces roches (1).

La matière adélogène forme un magma proprement dit, abondamment développé ou seulement épars entre les éléments cristallins, tantôt vitreux, tantôt dévitrifié en partie ou totalement.

On observe un verre pur renfermant des bandelettes d'augite et de magnétite dans le P. de Campitello, vallée de Fassa. En général, le verre est plus ou moins riche en grains foncés (Saint-Wendel; roche à éclat gras, contenant de l'olivine), en petites aiguilles et en crystallites à forme de coins (P. d'Ilmenau; Toadstone en couches dans le calcaire de montagne entre Lom-

(1) F. Zirkel, *Untersuchungen über Basaltgesteine*. Bonn, 1869. — G. Haarmann, *Inaugural Dissertation*. Leipzig, 1872.

berdale et Middleton, Derbyshire). Quelquefois le verre se trouve remplacé par une matière d'un vert sale, amorphe, qui en paraît une transformation, et qu'on distingue difficilement de l'augite et de l'olivine. Des fibres radiées de cette matière forment une mosaïque dans le P. de Sulzbach.

Outre les Plagioclases, Tschermak a découvert de l'Orthose dans les P. du Tyrol méridional.

L'Augite ne se présente guère qu'en grains ou en prismes mal conformés, quelquefois transformés en agrégat de terre verte. L'Olivine est également en grains frais ou altérés (Toadstone du district carbonifère des comtés de Strafford, de Shrop, de Leicester et de Derby).

C'est à ces roches renfermant de l'olivine que Rosenbusch a réservé le nom de mélaphyres, appelant *porphyrites* celles qui n'en contiennent pas. Nous distinguerons variétés de composition élémentaire :

1° *P. pauvres en Augite* (*Labradorporphyr*). Pâte gris verdâtre, ou noirâtre, souvent imprégnée de calcaire, assez difficilement fusible. Cristaux souvent très gros de Labrador. Exemples : *Porphyre de Belfahy*, Vosges, à pâte d'un vert plus ou moins foncé, magnétique (53,45 % de silice, 75 % de Labrador ; teneur en eau : 2,5 ; densité : 2,775. L'acide chlorhydrique en dissout en deux jours le 1/5 à froid, le 1/3 à chaud, d'après M. Delesse) ; *Porphyre vert antique* à pâte d'un vert olive ; certains Plagiophyres des environs de Christiania.

2° *P. riches en Augite* Pâte noire. Ex. : du mont Mulatto, près Predazzo, Tyrol ; P. de la vallée de Fassa, à grands cristaux d'Augite, à Labrador strié,

nacré (*Mélaphyres basiques ou augitiques de M. de Lapparent*); P. de Norvège à pâte bleue.

3° *P. à Ouralite* (*Uralitporphyr*). Pâte gris verdâtre ou vert noirâtre, avec cristaux d'un noir verdâtre ou brunâtre d'Ouralite (environs de Katharinenbourg, et Miask, dans l'Oural). L'on ne connaît pas encore la nature de la pâte.

Variétés de texture : *Plagiophyre amygdalaire* (voir Spilite).

Tufs des Plagiophyres. Masse d'un vert gris ou noirâtre, terreuse, formant une espèce de boue qui empâte des fragments de Plagiophyre, anguleux dans les brèches, arrondis dans les conglomérats. Ils forment des couches dans le terrain devonien, aux environs des roches qui leur ont fourni leurs éléments.

64. **Spilites.** — L'on comprend sous ce nom des variétés de roches trappéennes, Basaltes et Dolérites, Ophitones et Plagiophyres, qui doivent l'analogie de leur facies à leur structure amygdalaire.

Spilites des Plagiophyres. — Elles sont criblées de vacuoles ellipsoïdales de quelques millimètres de longueur, qui sont presque toujours remplies par des nodules en partie terreux, en partie cristallins, que l'on a comparés à des amandes. Ces nodules se composent de terre verte (*Delessite*), de calcaire et quelquefois de calcédoine. La pâte du porphyre qui leur sert de noyau a souvent subi un commencement d'altération, comme l'indiquent sa couleur devenue brunâtre ou rougeâtre et son odeur argileuse.

Dans les Plagiophyres d'Oberstein et d'Idar, sur les bords de la Nahe, dans l'Oldenbourg; dans ceux des carrières de Salto, près de Montevideo, Uruguay, les

cavités deviennent souvent plus grosses que la tête, et leurs parois se recouvrent de ces belles incrustations d'agate et d'améthyste si recherchées pour la joaillerie. Dans certains nodules d'agate, l'on reconnaît le canal par où s'est infiltrée la matière siliceuse.

Les Zéolithes, si communes dans les cavités des Basaltes, sont rares et très peu nombreuses dans celles des Plagiophyres. Ces roches sont quelquefois stratiformes (*Schalstein* des Allemands).

Les Plagiophyres, l'Ophitone et leurs spilites sont des roches éruptives, qui remplissent de grandes fentes de l'écorce terrestre. Souvent ces roches se sont introduites latéralement entre les couches des terrains qu'elles traversaient, comme si elles en étaient contemporaines; mais, après avoir émis toutes ces branches d'intrusion dans plusieurs étages successifs, le tronc principal a surgi au dehors, et s'y est répandu en nappes sur le sol. Dans le Derbyshire, où elles sont appelées *Toadstone*, on les voit ainsi injectées entre les strates du calcaire carbonifère et du millstone-great. Si les roches encaissantes ont disparu, la masse éruptive se dresse en énormes murailles. Souvent plusieurs nappes issues du même centre d'éruption se trouvent superposées en retrait les unes sur les autres et ressemblent à des escaliers gigantesques ; ce qui les a fait appeler *Trapps* dans le nord de l'Europe.

On les rencontre aussi en filons dans des fentes plus étroites. Ex. de localités : Aux environs de Christiania, les Plagiophyres paraissent siluriens. En Angleterre, ils sont très répandus dans le carbonifère. Dans l'Oural, aux environs de Miask, ils empâtent des roches dévoniennes. Dans le Hartz, aux environs d'Ilfeld, leurs

dykes puissants, riches en variétés amygdalaires, recouvrent le carbonifère, et sont recouverts par l'étage inférieur du Permien. Ceux des environs de Giromagny, dans les Vosges, ont apparu entre le grès rouge et le grès vosgien, etc.

65. **Wackes.** — Ce nom est donné aux Basaltes et aux Plagiophyres parvenus à un certain degré de décomposition.

Wackes des Plagiophyres. — Pâte vésiculaire, verte ou brune, d'aspect terreux, à texture ordinairement lâche, qui renferme souvent des cristaux de Feldspath, d'Augite, etc. L'on observe souvent cet état de décomposition dans des portions considérables de Mélaphyres et surtout de leurs Spilites.

3° POSTÉRIEURES AUX TERRAINS SECONDAIRES
à Type trachytique.

66. **Trachyandésites à Pyroxène.** — Andésites renfermant de l'Augite (**Augit-Andésite**, Zirkel, ou **Trachydolérites**). L'Augite s'y manifeste ordinairement en cristaux ou en grains visibles. Eléments accessoires : **Hornblende; Fer magnétique.** La densité de ces roches est d'environ 2,8. Elle s'abaisse à 2,7, lorsque leur teneur en silice atteint environ 64 % : *Augit-Andésites avec Quartz*, de Zirkel.

Ex. Trachytes des Andes, pic de Ténériffe; Hékla, en Islande (1).

Au microscope l'Augite brune forme des grains ou des prismes courts à sommets terminés par le dôme caractéristique ou quelquefois par des faces de pyra-

(1) Voy. Damour, *Bull. Soc. géol.*, t. XII, p. 85.

mides surbaissées; ils offrent des clivages nets et souvent un plan de séparation transversal; ils sont remarquables par leur dichroïsme lorsqu'on les tourne sur eux-mêmes entre des nicols en croix; ils ressemblent alors à de l'Amphibole.

Dans un grand nombre de ces roches on observe une masse vitreuse disséminée en bandelettes fines ou empâtant des microlithes.

Tschermak a vu dans une Andésite de l'Ebrus, Caucase, des grains de Quartz qu'il regarde comme contemporains de l'éruption.

Les Andésites à augite appartiennent à la série trachytique et sont au plus tertiaires.

67. **Trachylabradorites à Pyroxène.** — Ce seraient des roches du type et de l'âge des Trachytes où le Labrador remplacerait l'Orthose. C'est une partie des *Labradorites à pyroxène* de MM. Fouqué et Michel Lévy, dont nous classons l'autre parmi les Basaltes proprement dits.

4° ROCHES PYROXÉNIQUES JEUNES
à Type basaltique.

Le premier écrivain qui ait décrit ces roches sans leur donner un nom particulier est le savant et lumineux géographe de l'antiquité, Strabon. Il raconte que, de Philœ à Siène, la route traverse une vaste plaine, mais qu'elle est bordée de chaque côté par une série interrompue de rochers noirs, durs, lisses, en fûts de colonnes étagés les uns au dessus des autres. Un peu plus tard, Pline a désigné par un mot qu'on a écrit *Basaltes* jusqu'à ces derniers temps une pierre que les Ethiopiens appelaient ainsi à cause de sa couleur et

de sa dureté de fer. Les érudits et les savants ont répété pendant tout le moyen âge que le mot Basalte venait d'un mot éthiopien, *Basal*, qui signifiait fer. Au milieu du XVIe siècle, dans son traité *De natura fossilium*, Agricola rapporte au basalte de Pline les roches dures et noires de Misnie, en Saxe. En 1565, Conrad Gesner (*De omni rerum fossilium... genere; Tiguri*) nous transmet une lettre de son ami Johannes Kentman qui montre, en effet, la grande analogie des roches noires de Misnie à formes prismatiques, et des Basaltes de Pline, mais en soupçonnant une altération du texte, lequel aurait porté *basanites* et non basaltes; cette correction a été adoptée par M. Littré dans sa traduction de Pline. Y a-t-il eu erreur des copistes ? Bopp, Benfey et Christ ont comparé le mot grec *basanos* au mot sanskrit *pashanas*, signifiant tous deux pierre de touche, et Benfey en a rapproché le mot hébreu *bâshan*, qui a sens de pays de basalte (voy. Curtius, *Fondements des étymologies grecques*).

Quoi qu'il en soit, le mot de Basalte a traversé tout le moyen âge, et la science moderne l'a consacré. Cordier a le premier montré que la roche appelée *Basalte* est composée de Pyroxène Augite (1/4 à 1/3 de la masse), de Fer titané (5 à 15 °/₀) et de Labrador pour le reste; ces trois éléments formant la pâte à l'état microscopique. Il a conservé le nom de Dolérite donné par Haüy aux associations grenues de Feldspath (Labrador) et de Pyroxène à éléments distincts, près desquelles se placent ses Néphélinites (Basalte néphélitique de Coquand) et son Amphigénite ou Basalte amphigénique.

M. F. Zirkel, auquel on doit un grand travail d'en-

semble sur l'observation microscopique de ces roches en sections minces, établit dans les Basaltes trois grandes divisions, suivant les minéraux qui accompagnent l'Augite.

a. Basalte à feldspath plagioclase, ordinairement sans Amphigène, souvent avec un peu de Néphéline. Il se subdivise en roches à éléments distincts à l'œil nu ou à la loupe (*Dolérites*), distincts seulement au microscope (*Anamésites*), indistincts en partie, même aux plus forts grossissements (*Basaltes*);

b. Basaltes à néphéline, contenant quelquefois un peu d'amphigène, mais pauvres en feldspaths;

c. B. à amphigène, presque toujours sans feldspath.

Les éléments communs à tous les basaltes sont l'Augite, la Magnétite et presque toujours l'Olivine ou Péridot. La Mélilithe et l'Haüyne sont fréquentes. On retrouve des divisions analogues dans les laves.

M. Zirkel fait ressortir la distribution géographique de ces roches. On ne trouve pas d'Amphigène dans les masses puissantes du Siebengebirge et de ses environs, de l'Ecosse, des Hébrides, des îles Feroë, ni dans les Basaltes et les laves du plateau central (Auvergne, Velais, Vivarais).

Les Basaltes de l'Erzgebirge contiennent, ensemble ou séparément, de l'Amphigène et de la Néphéline, pas de Feldspath. Ceux des Alpes de la Souabe, riches en Néphéline, sont en ligne droite. Les laves du lac de Laach contiennent toutes beaucoup d'Amphigène.

Nous divisons les roches basaltiques comme il suit :

68. **Dolérite**, Haüy. — Roche grenue, jeune. Eléments essentiels : **Feldspath plagioclase**, dont les cristaux suivent les lois de groupement ordinaire, et ren-

ferment d'habitude un peu de matière vitreuse. Ils appartiennent en général au Labrador;

Augite, rarement en cristaux nets. Les prismes noirs, plus clairs au microscope, contiennent des inclusions microlithiques et vitreuses et passent à la diallage;

Fer titané, plus abondant que la Magnétite, en grains, en octaèdres, souvent accompagné d'une matière grisâtre ou rougeâtre, faiblement translucide, que Gümbel a nommée *Leucoxène*, et qu'on croit pouvoir rapporter à un acide titanique;

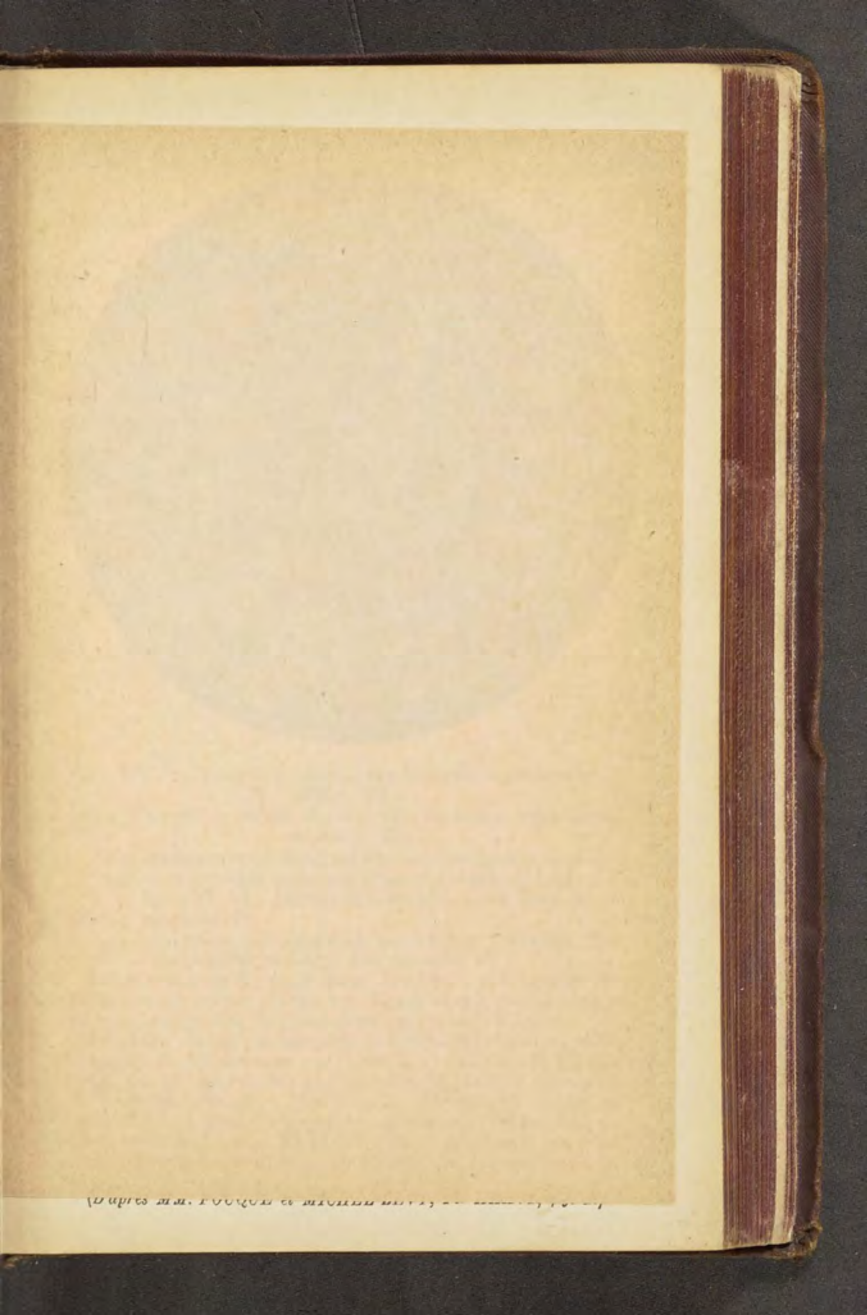
Chlorite. Une matière chloriteuse s'interpose dans les fentes du Feldspath et se trouve aussi dans la masse; on la regarde comme un produit de décomposition.

Ces roches ont une tendance à la structure schisteuse.

Éléments accidentels : *Néphéline* (voy. Néphélinite); *Anorthite; Analcime*, en cubotrapézoèdres, souvent limpides; *Mélanite*, en rhombododécaèdres noirs; *Mica*, *Amphigène*, *Pyrite cubique*, *Hornblende*, etc.

69. **Dolérites à Olivine.** — Aux éléments essentiels des Dolérites s'ajoute ici le *Péridot* en cristaux cassés, ordinairement altérés.

70. **Mimosites**, *Anamésites* de Leonhard.— Dolérites à éléments microlithiques, à cassure cristalline brillante, passant au Basalte. — *D. scoriacée* (*Laves doléritiques*). La lave de l'île Fogo, l'une des îles du Cap-Vert (courant S.-E. de 1769), renferme, d'après M. Ch. Saint-Claire Deville : 54 % de Labrador; 19 % d'Augite; 19 % d'Olivine; 7 % de Fer magnétique titanifère. La densité est de 3. Celle de l'Etna (éruption de 1865) a pour densité 2,738 et contient 49,27 % de silice. —



(D'après MM. FOUQUÉ et MICHEL LÉVY, [illegible])

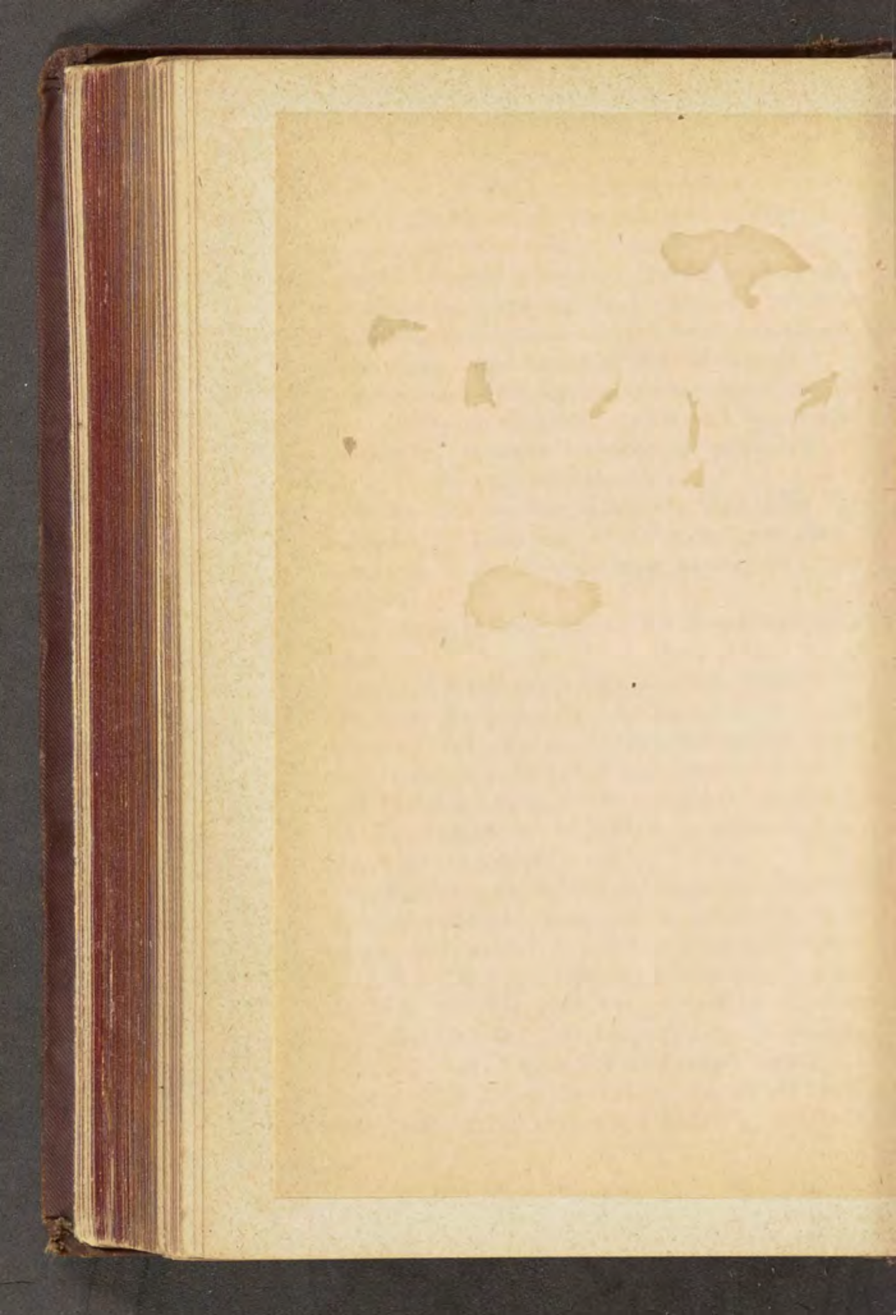




Fig. 184. — DOLÉRITE LABRADORIQUE D'OVIFAK (GRŒNLAND).
(Page 322)

Grossissement = 21 diamètres. Lumière polarisée, nicols à 45°.

Cette roche perce et disloque des couches miocènes riches en lignite. Le dessin représente les minéraux suivants :

I. — Spinelle (27), fer oxydulé en inclusions dans le labrador, labrador (7).

II. — Labrador (7), augite en microlithes globuleux (20).

III. — Serpentine (viridite) (39) fer natif F.

La présence du fer natif dans la roche a été décelée par un dépôt de cuivre obtenu en faisant réagir sur la plaque décapée une goutte de dissolution de sulfate de cuivre.

La roche est un passage des dolérites aux basaltes. Elle s'éloigne de ces derniers par la rareté de l'olivine, la grande taille de ses microlithes et l'absence de matière amorphe. M. Lawrence Smith a étudié cette dolérite en détail au point de vue minéralogique et chimique. (1879. *An. de Chimie et de Phar.*, XVI. 452). M. Tœrnebohm en avait préalablement donné une description microscopique complète.

(D'après MM. FOUQUÉ et MICHEL LÉVY, Pl. XXXVI, fig. 2.)

— *D. amygdaloïde.* — *D. avec analcime* (*Cyclophyre*, Élie de Beaumont). Roche grise, poreuse, pétrie de cristaux d'analcime.

71. **Porphyre doléritique.** — La pâte n'a pu être résolue en ses éléments au microscope ; elle n'agit pas sur la lumière polarisée. Les cristaux apparents sont les éléments essentiels des Dolérites ; on reconnaît souvent aussi en cristaux séparés de la pâte l'*Enstatite* et la *Bastite*, l'*Ilménite* et *l'Idérine*, de la *Chlorite*, de l'*Épidote*, du *calcaire*, du quartz.

72. **Porphyre doléritique à Olivine** (*Mélaphyre* de Rosenbusch). — Le fond de la roche est d'un gris noirâtre, d'un noir verdâtre, quand il est frais, brunâtre ou jaunâtre à l'état altéré. La pâte en est souvent vitreuse et même globulitique ; on y observe la structure fluidale, quand elle devient dans la roche un élément un peu abondant. Elle englobe de l'Olivine qui renferme de belles inclusions vitreuses, de l'Augite, de la Bastite très dichroïtique (verte et jaune), du Mica magnésien, et le Feldspath qui lui donne sa structure fluidale.

73. **Dolérite labradorique** de MM. Fouqué et Michel Lévy. — Dolérite où l'Oligoclase est remplacé par du **Labrador**.

74. **Dolérite anorthique**, des mêmes auteurs. — L'Oligoclase est remplacé par l'**Anorthite**. Exemple : courant O.-N.-O. de l'Hékla, en Islande, qui renferme : 55,59 Anorthite, 4,51 Olivine, 40,46 Augite.

75. **Basaltes** (*Basalt*, all.). — Masses éruptives, tertiaires ou plus jeunes encore, d'un noir bleuâtre ou grisâtre, généralement mat, homogènes, tenaces, *ayant formé des coulées, à la manière des laves*, et compo-

sées : 1° d'éléments cristallins, parmi lesquels on distingue : **Feldspath plagioclase** (*Labrador*, d'après Cordier), **Augite** et **Magnétite** en cristaux qu'on ne peut, en général, distinguer qu'à la loupe ou au microscope ; et 2° d'éléments irrésolubles, même au microscope, et confondus en une pâte vitreuse.

Ils sont plus durs que l'acier, plus ou moins poreux et plus ou moins magnétiques. Leur dureté est de 2,9 à 3,1.

Dans l'acide chlorhydrique, ils sont très inégalement attaquables. La partie dissoute varie de 36 à 88. En moyenne, d'après les analyses de Bischof (*Lehrbuch der Geologie*, II, p. 693), ils contiennent 44 de silice avec des écarts de 10 °/₀ en plus ou en moins, 12 d'alumine, 11 de chaux, 7 de magnésie. Les oxydes de fer y varient dans la proportion de 3 à 25 °/₀, l'eau de 0 à 6, le titane de 0 à 3, la soude de 2 à 16. Mais il faut tenir compte de ce fait que les Basaltes contiennent des quantités très différentes de minéraux sodifères.

Caractères microscopiques. — *a.* Éléments distincts essentiels.

Feldspath, en lamelles groupées suivant la loi de l'Albite, formant des bandelettes longitudinales, parallèles, alternativement bleues ou grises, ou colorées de nuances vives en lumière polarisée ; Zirkel a fait remarquer qu'il n'est pas attaqué par les acides. Plusieurs observateurs y voient un mélange de lamelles de Labrador, d'Oligoclase et d'Anorthite. Le Labrador paraît dominer.

Augite, souvent en gros cristaux de la forme $pmh^1 g^1 b^{1/2}$, groupés suivant h^1, d'un brun rouge, ou jaunâtre, plus rarement verts. Ces cristaux devien-



Fig. 189. — LABRADORITE AUGITIQUE DE LA FALAISE SEPTENTRIONALE DE THÉRA, SANTORIN.

Grossissement = 36 diamètres. Lumière polarisée, nicols croisés.

Le dessin représente les minéraux suivants :
I. — Fer oxydulé, olivine (23), augite (20), anorthite (8).
II. — Microlithes de labrador (7), d'augite (20).
Le péridot étant rare dans cette roche, M. Fouqué a cru devoir en faire une labradorite plutôt qu'un basalte.

(*D'après MM. FOUQUÉ et MICHEL LÉVY*, Minéralogie micrographique. — *Atlas. Pl. XXXV, fig.* 1.)

nent presque incolores en sections très minces, dont on voit les formes dans les figures ci-contre (*fig.* 185 à 187). Ils sont peu dichroïques; ils contiennent souvent d'autres cristaux, beaucoup plus petits, d'Apatite, de fer magnétique, ainsi que des cavités vides ou remplies de liquides, peut-être d'acide carbonique comprimé. Des cavités semblables se retrouvent dans les grains de Péridot.

Magnétite. Sous la forme de grains irréguliers ou cristallisés, disposés en files, parfois rectangulaires très incomplets.

b. Élément essentiel, mais souvent transformé.

Péridot. M. Rosenbusch fait du Péridot un élément essentiel des roches qu'il nomme Basaltes, classant parmi les Andésites à augite ceux qui ne contiennent pas de Péridot. Le Péridot des Basaltes est souvent imparfaitement cristallisé, toujours clivable, et contient de la Picotite. Ses clivages et la Picotite, qu'il renferme en grains isotropes, le rendent facile à reconnaître. Il est fréquemment altéré et il passe à des matières serpentineuses. On admet généralement aujourd'hui cette classification; on appelle *Basaltes* les roches qui viennent d'être définies, lorsqu'elles contiennent du Péridot; on donne le nom de *Labradorites à Pyroxène* aux Basaltes labradoriques sans Péridot.



Fig. 185 à 187.

c. Éléments distincts accidentels.

Hornblende. On la rencontre quelquefois en gros cristaux ordinairement dichroïques; on la distingue aisément de l'Augite à ses clivages qui font entre eux un angle de 124° 1/2.

Néphéline, *Amphigène* (voy. leurs caractères à Néphilinite, Amphigénite).

d. Éléments distincts accidentels : *Fer titané*, *Sphène*, *Apatite* en prismes hexagonaux allongés, déliés, incolores ou violacés; *Carbonates de fer et de chaux*, *Aragonite*, *Mica brun foncé*, *Zircon* (*Hyacinthe*), *Cordiérite*, *Grenats*, *Pyrite*, Zéolithes, Calcédoine, et surtout de la *Wollastonite*, bisilicate de chaux, en prismes klinorhombiques, clivables suivant plusieurs directions planes perpendiculaires au plan de symétrie, soluble en faisant gelée dans l'acide clorhydrique (fig. 191).

Fer natif. — Découvert par Andrews dans le basalte du comté d'Antrim, Irlande, il a été retrouvé par Reuss dans les Basaltes de Bohême. Il échappe aux investigations microscopiques, parce qu'on ne sait pas le distinguer de la Magnétite, opaque et isotrope comme lui; mais on en constate chimiquement la présence dans un certain nombre de Basaltes en broyant la roche dans un mortier de porcelaine. Une dissolution de sulfate de cuivre dépose du cuivre métallique, qu'on reconnait aisément (Voy. fig. 184, à *Dolérite*).

On sait que le Basalte d'Ovifak près du fjord de Disco, côte du Groënland, renferme des masses considérables de fer natif, qu'on retrouve en plus petits fragments dans les roches basaltiques de cette île.

Éléments indistincts. — En reportant aux Dolérites



Fig. 191. — CRISTAUX DE WOLLASTONITE ET DE FASSAÏTE EXTRAITS D'UN BLOC CALCAIRE ÉPIGÉNISÉ PAR LES LAVES DE SANTORIN. (*Page* 326.)

Grossissement = 56 *diamètres. Lumière polarisée, nicols ayant leurs sections principales à* 45°.

La Wollastonite (47), la fassaïte (20) et le grenat mélanite (25) sont accompagnés d'un minéral cubique probablement du groupe de l'haüyne.

(*D'après MM. FOUQUÉ et MICHEL LEVY*, Minéralogie micrographique. — *Atlas, Pl. XXXV, fig.* 2.)

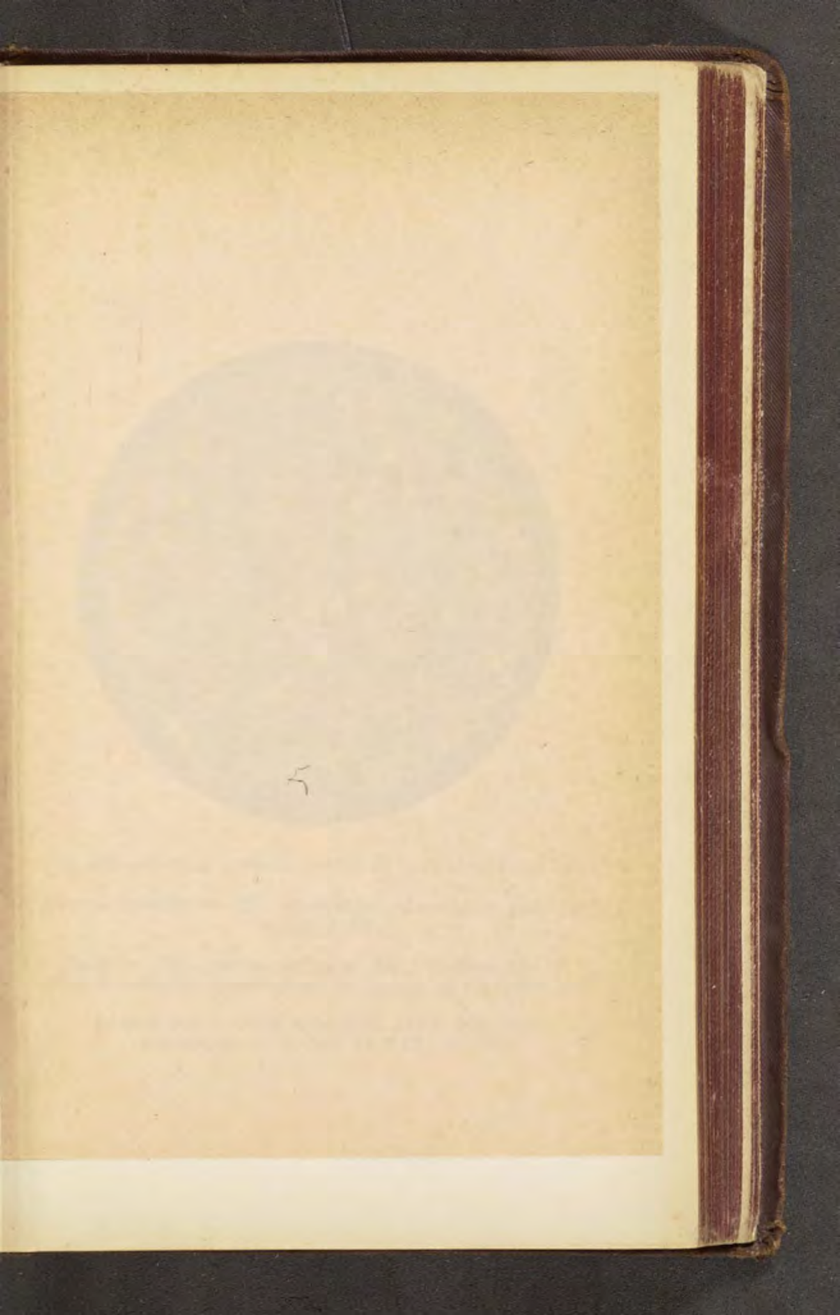






Fig. 192.— NODULE A WOLLASTONITE DE SANTORIN. (*Page* 326.)

Grossissement = 126 *diamètres. Lumière polarisée nicols à* 45°.

Fassaïte (20), grenat mélanite (25), Wollastonite (47), minéral cubique probablement du groupe de l'Haüyne (8).

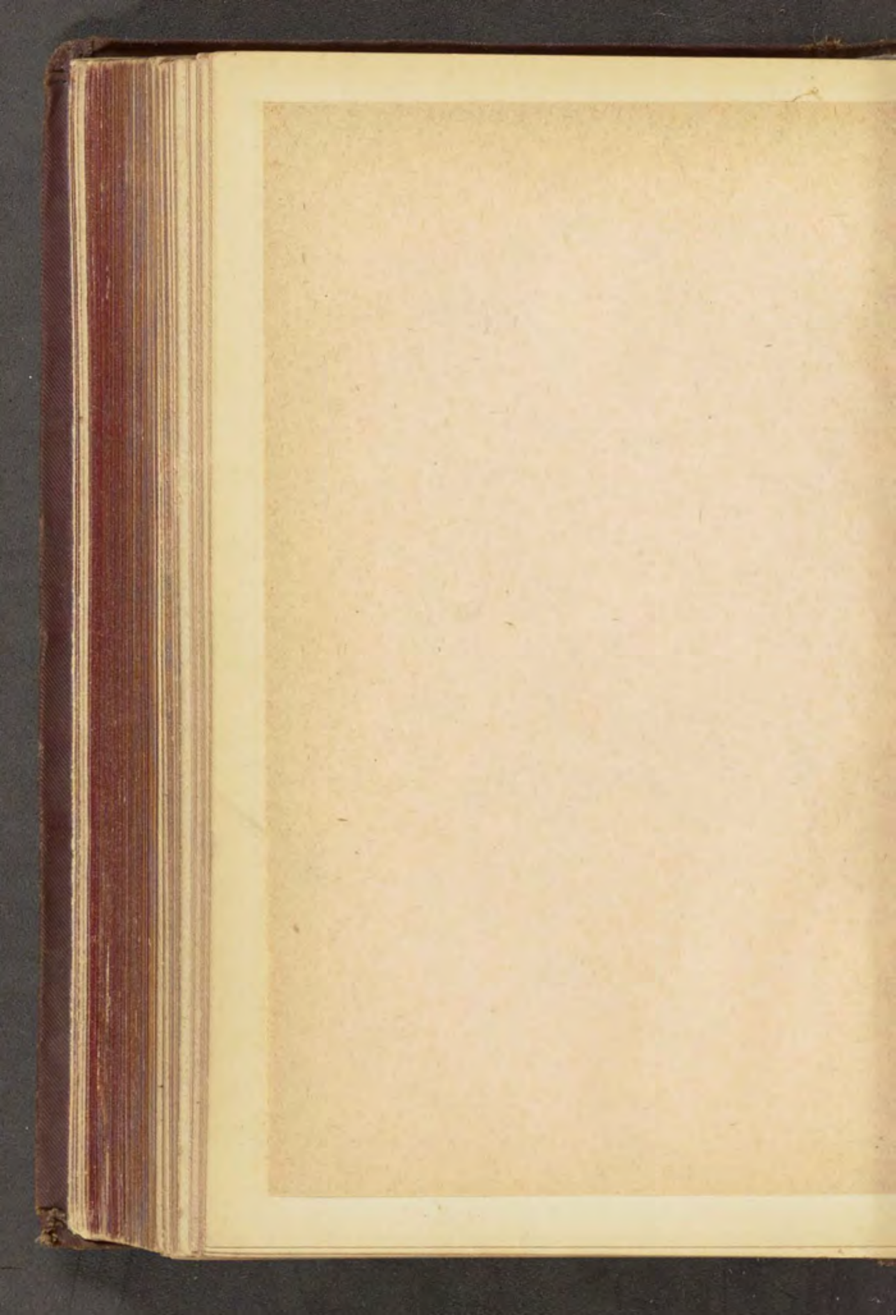
(*D'après MM. FOUQUÉ et MICHEL LÉVY*, Minéralogie micrographique. — *Atlas, Pl. XXXV, fig.* 6.)



Fig. 194. — LEUCITITE DE LA SOMMA (VÉSUVE).
(*Page 326.*)

I. — Leucite (10), pyroxène (20), anorthite (8) rare.
II. — Magma vitreux très abondant.
La leucite présente ses macles multiples.

(*D'après MM. FOUQUÉ et MICHEL LÉVY, Pl. LI, fig. 2.*)



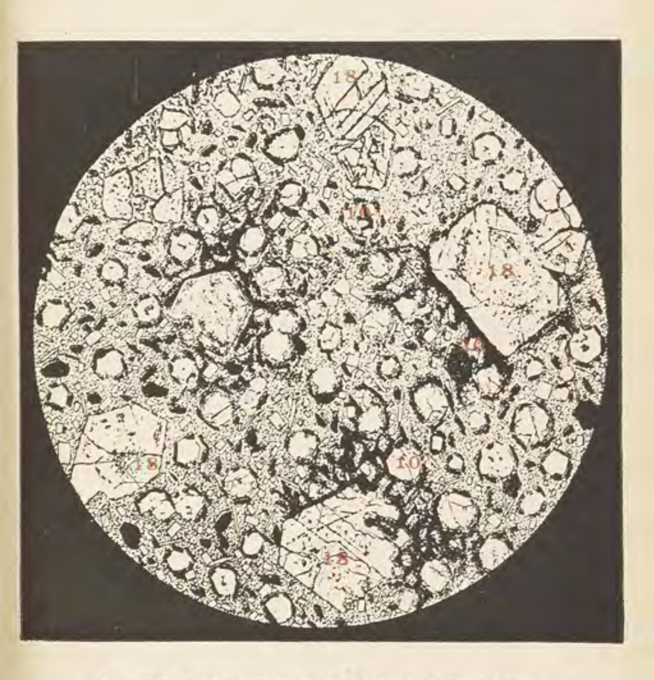


Fig. 195. — LEUCITITE D'OLBRÜCK, LAC DE LAACH.
(*Page 326.*)

I. Augite (20), haüyne (18), leucite (10). On y voit aussi
II des microlithes de néphéline, de feldspaths, d'augite (20)
formant souvent couronne autour des cristaux de leucite.

(*D'après MM. FOUQUÉ et MICHEL LÉVY, Pl. LI, fig. 1.*)

finement grenues ou Anamésites les basaltes composés d'une pâte entièrement formée de microlithes, il ne reste plus à ranger parmi les Balsates proprement dits que ceux où l'on voit en plus ou moins grande abondance une substance vitreuse répandue entre les éléments cristallins. Celle-ci, d'après les nombreuses observations de M. Zirkel, ressemble à un verre homogène d'un brun jaune, lorsqu'elle est pure; en général elle renferme des grains plus foncés en couleur et des aiguilles cristallines, noires ou d'un noir brunâtre, terminées soit en pointes, soit en massue et groupées en réseau. Cette matière restée vitreuse, ou rendue à demi cristalline par les éléments qui s'en séparent, peut former jusqu'à la moitié de la masse. Dans la lave de Beaulieu, en Auvergne, dans celle de l'éruption de l'Hékla (Islande), en 1845, on ne trouve plus ce verre, assez riche en petits grains foncés, que pincé sous forme de coins entre les éléments cristallisés de la roche. La masse vitreuse offre la même disposition en coins; mais elle renferme des trichites aciculaires en même temps que des grains étrangers aux éléments cristallisés, Labrador et Augite, dans la plupart des basaltes appelés Anamésites du nord de l'Europe, Islande, îles Faroë, Écosse, Hébrides, Groënland, et dans quelques Dolérites.

Variétés : *Basalte commun.*

B. amygdaloïde à grandes cavités, où se trouvent la plupart des beaux cristaux de Zéolithes, avec Calcédoine, Calcaire, Aragonite, etc.

Classification des Basaltes. — Un grand nombre d'auteurs distinguent aujourd'hui des *Basaltes* proprement dits, les *Labradorites* et *Andésites à Pyroxène*,

qui ne contiennent pas de Péridot frais ou décomposé (*Voir* p. 325). Mais certaines de ces Andésites se reliant à des trachytes, on doit les appeler *Trachyandésites*. Les roches trachytiques s'étalent quelquefois, il est vrai, en nappes alternes avec des tufs résultant de l'agglomération de leurs débris lancés par la force volcanique pendant leur éruption ; mais, le plus ordinairement, elles se dressent en montagnes terminées par des dômes ; un nombre plus grand encore de formations basaltiques montrent des coulées interrompues par des projections de scories, pouzzolanes, qui se sont accumulées autour de l'orifice de sortie en buttes coniques, et celles-ci, en outre, se terminent assez souvent par des cratères comme les volcans actuels.

76. **Basaltes anorthiques, oligoclasiques, andésitiques.** — Le mot de Basalte ayant été appliqué aux roches basaltiques dont le Labrador est l'élément feldspathique, nous appellerons *Basaltes anorthiques*, *oligoclasiques*, *andésitiques* ceux qui ont, soit l'anorthite, soit l'oligoclase ou l'andésine pour Feldspath essentiel.

77. **Gallinace** (Syn. *Tachylyte*, *Basalte vitreux*). — Masses vitreuses ou demi-vitreuses, d'un noir de poix, bleuâtre ou brunâtre, à facies résinoïde et vitreux, paraissant une modification hyaline du Basalte ; elles sont facilement décomposées par l'acide chlorhydrique avec séparation de silice gélatineuse ; elles contiennent 7 à 8 % de chaux et de l'eau en petites proportions comme les Basaltes sans zéolithes. Zirkel les rapporte à la Tachylyte.

On sait que Breithaupt a donné ce nom de Tachylyte à une matière provenant de Säsebrül, près Drans-



Fig. 190. — ÉCHANTILLON PRIS A LA SURFACE DE LA LABRADORITE DE L'ILOT DE L'OBÉLISQUE (SANTORIN). (*Page* 328.)

Grossissement = 56 diamètres. Lumière polarisée, nicols croisés.

Le dessin montre les minéraux suivants :
I. — Augite (20).
II. — Labrador en microlithes non maclés.
III. — Opale en sphérolithes à croix noire.

(*D'après MM. FOUQUÉ et MICHEL-LÉVY*, Minéralogie micrographique. — *Atlas, Pl. XXXV, fig. 5.*)

feld, qui est rapidement décomposée par les acides.

Dans celle-ci on observe au milieu de la masse vitreuse des cristaux, visibles quelquefois à l'œil nu, mais généralement microlithiques, d'Augite, de Néphéline, de Magnétite surtout, et comme produits de dévitrification, des microlithes prismatiques, aciculaires, groupés en gerbes, en barbes de plumes, en étoiles.

La Tachylyte de Bobenhausen, Vogelsgebirge, est définie par M. Zirkel comme un verre brun foncé renfermant une grande quantité de grains sombres, à bords déchiquetés, entourés d'une auréole plus claire, visibles à la loupe et se décomposant à des grossissements plus considérables en granules infiniment petits, ronds ou aciculaires. Ces granules, en se réunissant, dessinent dans la pâte vitreuse des petites masses noires, hérissées d'aiguilles, ou d'espèce de petites frondes de fougères qui sont quelquefois enroulées sur elles-mêmes, ou qui émettent un appendice également composé de granules, ressemblant dans ce cas à une fleur sur sa tige, et qui enfin se trouvent agglomérées en nombre considérable au milieu de régions plus claires que le reste de la masse auxquelles elles ont enlevé le fer qui les colore.

Cette matière forme des salbandes entre le Basalte proprement dit et les roches encaissantes. Elle paraît constituer aussi le fond des *Laves basaltiques*.

Quelques gallinaces paraissent se reprocher de l'*Hyalomélane* de Hausmann, matière vitreuse peu soluble dans les acides et contenant 57 °/₀ de silice, du fer, de la chaux, de la magnésie, et de 1 à 2 °/₀ d'eau.

L'Hyalomélane établit le passage entre la Tachylite

et la matière *compacte* ou *scoriacée*, insoluble dans les acides, appelée par M. Rosenbusch *Augite compacte ou scoriacée*. Cette matière se rencontre dans le Basalte d'Ostheim, Wetterhau, en petites masses de formes irrégulières, vitreuses, transparentes, vertes à la lumière réfléchie, brunes à la lumière transmise, facilement altérables et mêlées d'une certaine quantité d'argile qui provient de leur décomposition et qui remplit leurs cavités superficielles ou intérieures.

78. **Scorie stratiforme.**— La croûte extérieure des coulées et leur nappe inférieure, la première arrivée au jour, ont souvent une texture scoriacée ou poreuse, homogène ou porphyroïde, et plus ou moins vitreuse. Les *scories* sont des blocs rejetés lors de l'éruption. Elles ont les formes les plus irrégulières et les plus variées: elles sont contournées, cloisonnées, etc. Souvent, pendant leur trajet dans les airs, animées d'un mouvement rotatoire, elles ont acquis la forme d'ellipsoïdes à extrémités allongées et tordues (*Bombes volcaniques*). Elles sont ordinairement rouges extérieurement, pleines ou creuses, et riches en Péridot, dont le fer est souvent à l'état de sesquioxyde rouge.

Lapilli, scories en fragments plus petits, tombées comme une pluie de pierrailles autour des cratères, dont elles forment ordinairement les parois.

79. **Cendres basaltiques.**—Ce sont des scories projetées par les cratères des volcans et emportées par le vent, quelquefois à de grandes distances, sous forme de poussières impalpables, qu'on nomme *cendres volcaniques* ou de petits grains appelés *sables volcaniques*.

Des cendres volcaniques ont englouti, comme on sait, Pompéï en l'an 79, sous une couche d'environ

6 mètres d'épaisseur. A Herculanum, les cendres sont mêlées de laves.

Les cendres de l'éruption de novembre 1843, à Catane, Etna, étaient d'un gris clair, et renfermaient 46,31 % de silice; 16,85 d'alumine; 9,85 de peroxyde de fer; 4,43 de fer oxydulé; 10,28 de chaux; 5,44 de magnésie; 1,41 de potasse; 3,34 de soude, et en outre 2,21 d'acide sulfurique; 0,52 de chlorhydrate d'ammoniaque et de gypse, d'après l'analyse de Von Waltershausen.

Il n'y a pas de différence minéralogique essentielle entre ces poussières que lancent les volcans et la lave qui en coule pendant la même éruption; mais la structure des laves est très différente de celle des cendres.

M. Zirkel (1) a observé comme différences essentielles à ce point de vue, dans les sables de l'Etna, qui sont composés de Feldspath, d'Augite, de Magnétite et d'éclats de verre, le nombre infini des inclusions vitreuses et des microlithes libres renfermés dans les cristaux intacts ou brisés, le nombre également considérable des éclats de substances vitreuses mêlées à celles qui ont cristallisé, celui des pores produits par des dégagements de gaz et de vapeurs que contenaient les éléments cristallins ou vitreux et celui, enfin, des agrégats formés par les microlithes. Parmi les microlithes des cendres projetées par le Vésuve en 1861, dominait l'Augite. Dans les cendres de l'Etna et de l'Hékla, il en est de même; mais on y voit aussi beaucoup de Magnétite. Dans des sables volcaniques

(1) F. Z., *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 1872. p. 16.

de Durtol, près Clermont (Auvergne), M. Von Lasaulx a rencontré du Feldspath fendillé, des débris d'Augite, de la Magnétite, des petites lamelles de Mica, des grains ronds d'Haüyne bleue, etc.

On est d'accord pour penser que la masse en fusion contenait déjà les microlithes cristallisés avant sa projection; que, chassée du cratère avec une extrême violence, elle se divise, dans les airs, en très petits fragments qui se consolident, pour ainsi dire, instantanément.

On appelle *Pépérites* des cendres volcaniques agglutinées par un ciment calcaire.

Les scories basaltiques, en couches ou à l'état de lapilli ou de cendres plus ou moins décomposées, souvent rougeâtres, sont employées pour la confection des mortiers hydrauliques, sous le nom de Pouzzolanes.

80. **Spilites des Basaltes** (voy. *Basaltes amygdaloïdes*).

81. **Waekes des Basaltes.** — Masses compactes, terreuses, d'un gris verdâtre, parfois brunâtre ou rougeâtre, à odeur argileuse, happant à la langue, où l'on distingue çà et là des paillettes de Mica, des cristaux d'Augite, de Zéolithes, de Hornblende, des grains de Magnétite, de Péridot, devenu rouge par altération, des cavités souvent remplies de cristaux, calcaire, terre verte, calcédoine, cornaline, etc. En masses ou en blocs dans les pépérites.

Les argiles qui proviennent de la décomposition complète des roches et des Mélaphyres ne peuvent être distinguées les unes des autres. Elles sont très riches en magnésie, et renferment des cristaux de Feldspath, d'Augite, des grains de Magnétite, etc.

Physionomie générale des roches Basaltiques. — Ainsi que les Mélaphyres, les Basaltes se comportent souvent comme de vrais trapps, et s'étalent à la surface du sol en vastes terrasses étagées les unes sur les autres. On les voit apparaître aussi comme de grandes murailles, ou comme des ruines amoncelées (Islande). Souvent les cratères basaltiques ont vomi des laves à texture scoriacée, des cendres, des scories comme ceux des volcans actuels (Eifel, Auvergne); ou bien, imitant les Trachytes, le Basalte a coiffé d'un dôme l'ouverture supérieure des grandes cheminées qui lui avaient donné passage. En général, les basaltes accompagnés de leurs tufs et de leurs conglomérats sont de la période tertiaire. Ils ont traversé toutes les couches, toutes les roches éruptives antérieures à cet âge du globe, mais ils n'en sont pas traversés. Ceux du centre de la France paraissent ordinairement postérieurs aux Trachytes de la même région.

Ils se divisent souvent en colonnes prismatiques, qui s'élancent d'une venue à de grandes hauteurs, ou bien qui se subdivisent suivant des sections transversales en petits prismes superposés (grotte de Fingal).

Parfois les segments s'arrondissent en boules (grottes des Fromages).

BASALTES A NÉPHÉLINE.

82. **Néphélinites** (Syn. *Néphélin-Dolérite*, Zirkel). — Roches à texture grenue, ou compacte, ayant toutes les allures des Basaltes, et n'en différant que par la substitution de la **Néphéline** au Feldspath, à titre d'élément essentiel. La Néphéline s'y trouve en grains cris-

tallins, en prismes à six faces, et s'y reconnaît à son éclat gras ; aux sections hexagonales ou en forme de rectangles à côtés presque égaux de ses cristaux ; à sa couleur d'un blanc jaunâtre ou verdâtre, quelquefois rougeâtre ; à sa fusibilité au chalumeau ; au dépôt

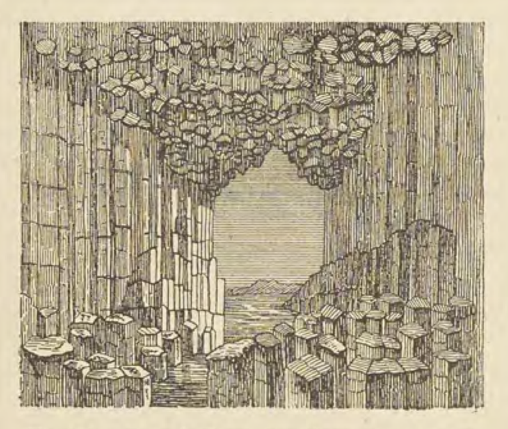


Fig. 193. — Grotte de Fingal, dans l'Ile basaltique de Staffa (Hébrides).

gélatineux qu'elle abandonne dans l'acide chlorhydrique, qui la dissout entièrement.

On les subdivise en *Néphélinites* sans Feldspath, et N. avec Feldspath, ou *Téphrites*.

La N. de Katzenbückel, Odenwald, renferme des petits cristaux à section rectangulaire ou hexagonale d'une matière qui paraît être de la *Noséane*, et des petits octaèdres de *Pléonaste* d'après Sandberger.

Variétés principales : *N. grenue ; N. à grains fins ; N.*

compacte; N. avec Amphigène (passage aux Amphigénites).

Teschénite, roche granitoïde, ancienne, formée de cristaux de Plagioclases enveloppés de grains d'Eléolithe, d'Amphibole et de Pyroxène, avec Chlorite et Calcaire. Accessoirement : **Sphène** et **Mica.**

83. **Amphigénites.** — 3° Basaltes à amphigène. Roches compactes, souvent porphyriques, d'un gris clair ou foncé, ou rougeâtres. Ce sont des Basaltes dans lesquels le Feldspath est remplacé par de l'**Amphigène.** Dans la pâte sont répandus des cristaux souvent abondants, soit d'**Amphigène**, d'un blanc grisâtre, en trapézoèdres, soit de cristaux en général plus petits d'**Augite.**

Cette pâte observée au microscope se montre composée de très petits cristaux d'*Augite*, d'*Amphigène*, de grains de *Péridot*, et souvent de *Mélilithe*, de *Mica*, de *Hornblende* et d'*Haüyne.*

Le Péridot paraît s'être séparé le premier du magma.

Zirkel distingue des Leucitbasalt que nous venons de décrire les laves du Vésuve qui contiennent beaucoup de Sanidine, sous le nom de Sanidin-Leucitgestein, que nous pouvons exprimer par la périphrase: **Amphigénites à sanidine.** Les laves du Vésuve forment ce groupe. Elles renferment un grand nombre d'espèces minérales: *Amphigène, Feldspaths, Néphéline, Augite, Péridot, Mica, Apatite, Magnésite, Hornblende, Mélanite, Sodalite.*

Leur texture varie dans les différents points d'une même éruption, à plus forte raison d'une éruption à une autre. Elle est tantôt grenue, tantôt basaltique ou même vitreuse. La surface de la lave est souvent

scoriacée. M. Zirkel cite comme très vitreuses les laves de 1858 et de 1822, comme l'étant très peu celles de 1868 et d'avril 1872 (1).

On les subdivise en *Leucotéphrites* avec Feldspath, et *Leucitites* sans Feldspath.

84. **Haüynophyre.** — Laves d'un gris foncé ou noirâtre, qui se rattachent aux Amphigénites, mais qui renferment beaucoup d'Haüyne vitreuse, bleue ou blanchâtre (laves du mont Vultur, près Melfi, en Italie).

Analyse d'une lave de Santorin, par M. Fouqué : La masse amorphe empâte des nodules creux ou pleins, qui renferment les uns de la *Wollastonite* en tables incolores et transparentes, hérissées de Fassaïte et de Mélanite en dodécaèdres, les autres un mélange de Wollastonite et de Quartz. Ceux-ci sont traversés par des aiguilles de lave ambiante. La masse de la lave contient quelques petits cristaux de Feldspath décomposé, d'Augite et Magnétite. La partie amorphe a pour densité 2,55 et renferme : Silice 66,8 ; Alumine 16,5 ; Chaux 3,9 ; Magnésie 0,9 ; Potasse 1,5 ; Soude 7,4 ; Sesquioxyde de fer 29.

85. **Tuf à Palagonite.** — Tufs qui renferment une plus ou moins grande quantité de masses grenues de Palagonite. La Palagonite (découverte par Sartorius de Waltershausen) est un silicate hydraté d'alumine, de fer, de chaux, de magnésie, de potasse et de soude, faisant gelée dans l'acide chlorhydrique, fusible en perle magnétique noire au chalumeau. Elle est d'un jaune souvent nuancé de brun ou de noir. Densité :

(1) *Die mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine*, von Dr Ferdinand Zirkel. Leipzig, 1873, p. 453.

de 4 à 5. Elle a l'aspect de l'ambre, de la colophane.

M. Rosenbusch a étudié au miscroscope un grand nombre de ces tufs. Comme tuf formé presque entièrement de Palagonite pure, il cite celui de Seljadabr entre Reykyavik et le lac de Thingvellir (Islande). La masse, vitreuse à un fort grossissement, se compose de grains d'un jaune de cuir ou bruns entourés de bandes plus claires, d'un jaune rougeâtre ou d'un rouge aurore, inactives, comme les grains, sur la lumière polarisée. La partie claire est une transformation de la brune ; par places elle devient grenue, plus rarement vitreuse et doublement réfringente.

La Palagonite forme véritablement une roche non seulement à Seldjadabr, à Hammersfjord, en Islande, mais à Djampang-Kulou, Java, à Palagonia (Sicile), etc.

CHAPITRE VII

ROCHES DIALLAGIQUES

86. **Euphotides** (Syn. *Gabbro* vom Buch, *Granitone*). — Roches grenues, composées de **Plagioclases** et de **Pyroxène** ordinairement associés à de l'*Actinote*, avec **Magnétite** ou **Fer titané**.

Accessoirement : *Apatite*. Accidentellement : *Hornblende*, *Pyroxène rhombique*, *Mica magnésien*, *Quartz*. Le Feldspath, lorsqu'il est frais, montre des stries de groupement, et ses directions d'extinction sur les plans de clivage correspondent en général à celles des espèces les moins riches en silice. Mais souvent, dans les cristaux ou dans les masses qui semblent en

occuper la place, on aperçoit un entassement confus et opaque d'aiguilles et de grains blancs ou d'un blanc grisâtre, qui a reçu le nom de *Saussurite*.

Haidinger a trouvé un mélange d'Actinote et de Pyroxène dans la *Smaragdite*, d'un beau vert d'herbe, à éclat chatoyant et un peu nacré qui brille sur le fond mat d'un blanc de porcelaine, formé par la matière feldspathique dans le *verde di Corsica* des artistes. Les plus récentes observations microscopiques ont vérifié celles d'Haidinger et montré que les Euphotides proprement dites étaient formées de granules de Pyroxène et de lamelles d'Actinote (éléments de première consolidation, d'après M. Michel Lévy) associés à des arborisations et sphérolithes d'oligoclase englobées dans une pâte serpentineuse chargée d'amphibole.

Quelques Euphotides renferment du Péridot en même temps que des oxydes de fer avec chrome ou titane. C'est à ces roches que MM. Fouqué et Michel Lévy ont restreint le nom d'Euphotide, appelant Gabbros celles où la Diallage l'emporte sur le Pyroxène proprement dit.

87. **Gabbros.** — Roches grenues composées de Feldspath plagioclase avec Diallage. Le Gabbro noir de Volpersdorf, en Silésie, est un mélange de Labrador d'un noir grisâtre, de Diallage brune ou Pyroxène à clivage h^1, et de grains noirs de Péridot en général transformés en serpentine. La plupart des Gabbros contiennent de l'Olivine plus ou moins altérée.

Les Euphotides ont des structures assez différentes. Leur allure est en général celle des roches éruptives ; cependant elles montrent une tendance à la structure schisteuse.

Structure globulaire. — Les blocs et les cailloux de

la Durance ont leur surface comme couverte de pustules globuliformes produites par l'usure inégale de ses différentes régions. Ils proviennent d'une roche de contact qui a reçu le nom de Variolite.

Variolite. — Chimiquement, d'après Boulanger, la matière regardée comme un Feldspath ne contient plus que 43,6 de silice (Euphotide d'Orezza, ou vert de Corse). Celle du mont Rosa, d'après M. Sterry Hunt, ne renferme aussi que 43,59 °/₀ de silice et possède une densité de 3,365, ce qui la rapprocherait de certaines variétés de Zoïsite.

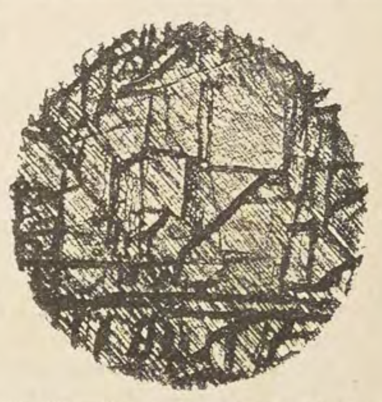


Fig. 196. — Clivages prismatiques et parallèles à $h1$ sur une section droite perpendiculaire à l'axe verticale dans le Diallage du Gabbro à olivine de Hausdors près Neurode, Silésie. Réduction d'après Cohen, collection microphotographique.

D'après M. Michel Lévy, au microscope, les globules des variolites sont des agglomérats de petites productions cristallines groupés en arborisation. On y observe des fibrilles élémentaires d'Oligoclase qui s'éteignent suivant leur longueur (arête pg^1), et, en dehors du Feldspath, des granules agrégés en boules hérissées, des microlithes de pyroxène vert pâle ou brun clair, en même temps qu'une substance amorphe serpentineuse.

Les Euphotides et Gabbros peuvent être subdivisés en *andésitiques*, *labradoriques*, *anorthiques proprement dits*, ou *à olivine*, suivant que le Feldspath dominant est l'Andésine, le Labrador ou l'Anorthite et qu'ils contiennent ou non de l'Olivine.

Euphotide à Bastite. — Dans certaines roches à facies d'Euphotide, la Diallage est remplacée par de la Bastite.

CHAPITRE VIII

ROCHES A BISILICATES SIMPLES ORTHORHOMBIQUES

88. **Norite et Hypérite.** — Esmark avait appelé *Norites* des roches de Norvège qui ne sont pas sans analogie avec les Kersantons, mais qui admettent en certains points, par exemple à Hitteroë, des espèces orthorhombiques du groupe des Bisilicates à bases protoxydes parmi leurs éléments, comme l'ont montré les analyses de Scheerer (*Gäa Norvegica*, Heft II, p. 313). Nous appellerons *Norites*, avec Rosenbusch, des roches composées essentiellement de **Plagioclases** et de **Bisilicates orthorhombiques** (*Enstatite* et *Hypersthène* pléochroïque). Éléments accessoires : *Diallage*, *Mica magnésien*. Quelques-unes contiennent du Péridot en abondance. On peut les nommer *Norites à péridot*.

Le Feldspath est généralement l'espèce minérale qui domine dans ces roches sous la forme d'agrégats grenus. La même association d'espèces minérales, mais représentant le type trachytique ou tertiaire, qu'on pourrait nommer *Andésite hypéritique*,

MM. Fouqué et Michel Levy l'appellent *Hypérite* et la subdivisent, comme la Norite, de la manière suivante :

Norite labradorique et *anorthique*; Hypérite labradorique et anorthique (sans olivine); *Hypérite labradorique et anorthique à olivine.*

CHAPITRE IX

ROCHES DE PÉRIDOT

89. **Dunite.**—Agrégat cristallin de grains de Péridot, d'un vert gris ou jaunâtre, à éclat vitreux et gras dans la cassure. Densité, environ 3,3; dureté, 5,5. Infusible, se dissout dans l'acide chlorhydrique.

Elément accessoire : le **Fer chromé**, qu'on peut regarder comme élément essentiel, parce qu'il ne manque jamais.

Cette roche est en connexion étroite avec la Serpentine à la Nouvelle-Zélande.

90. **Lherzolithe.** – Agrégat grenu, composé de **Péridot** en grains d'un vert olive, infusible au chalumeau, et faisant gelée avec les acides; d'**Enstatite**, en grains d'un brun grisâtre, très difficilement fusibles, et insolubles dans les acides; de **Diopside** chromifère, en grains d'un vert émeraude, fusibles au chalumeau en perle verte, et donnant la réaction du chrome avec le sel de phosphore; enfin, de quelques grains petits, noirs, d'un Pléonaste contenant 8 °/o de chrome et appelé **Picotite**. (Cette analyse des éléments de la Lherzolithe est due à M. Damour, *Bull. Soc. géol. de France*,

2e série, t. XIX, p. 413.) Prise en masse, la roche est verte ou d'un vert un peu noirâtre ; sa densité est de 3,28.

La Lherzolithe est souvent altérée, au moins en partie ; il en résulte çà et là, dans la roche, des régions serpentineuses qui ont envahi d'abord le Péridot, puis l'Enstatite, et enfin le Diopside.

Des Lherzolites on peut rapprocher les **Pikrites** de Gümbel, qui n'en diffèrent que par une petite quantité d'Augite associée au Diopside, en même temps que par ses éléments accessoires, *Ilménite*, *Mica magnésien*, *Hornblende*, *Apatite*, et qu'on peut diviser en *Paléopikrites*, plus anciennes que le terrain tertiaire, et *Pikrites* proprement dites ou jeunes au point de vue de leur âge géologique.

Les Pikrites ont parfois une structure porphyrique.

CHAPITRE X

ROCHES SERPENTINEUSES.

91. **Serpentine** (Syn. *Ophite*).—Roche essentiellement formée de l'espèce minérale de ce nom et regardée par les anciens, à tort bien entendu, comme le meilleur antidote contre la morsure venimeuse des serpents. C'est un hydrosilicate de magnésie, contenant de 40 à 44 °/₀ de silice, 33 à 43 °/₀ de magnésie, 10 à 15 °/₀ d'eau, 10 à 1 °/₀ de protoxyde, mêlé ou non de sesquioxyde de fer, 0 à 5 ou 6 °/₀ d'alumine, et plus rarement un peu d'oxyde de chrome ou de nickel.

La Serpentine est compacte, finement grenue, ou foliacée, presque lamellaire, mais à feuillets inséparables, ou enfin fibreuse, à fibres quelquefois désagrégées, qui donnent une Asbeste assez tenace, appelée Chrysotile. Elle offre en grand une division en plaques, en masses irrégulières, dont les surfaces extérieures présentent un éclat caractéristique, analogue à celui d'un vernis, et souvent une texture fibreuse, ou sont recouvertes d'un enduit de calcaire fibreux ou laminaire. Souvent ces masses sont séparées par du mica et de la chlorite.

On appelle *Serpentine noble* une variété translucide, à éclat onctueux, dont la couleur uniforme varie du jaune de souffre au vert d'huile.

La *Serpentine commune*, plus opaque, offre des nuances d'un vert clair, d'un vert noirâtre, au mélange desquelles certaines masses polies doivent l'aspect de la peau d'un serpent. Elle est quelquefois rouge, brune, d'un noir parfait. L'éclat en est terne ou résineux, parfois assez vif, la cassure généralement esquilleuse. Dans le tube fermé elle perd de l'eau et noircit. Elle fond ausi difficilement que le Talc ; mais elle est complètement décomposable par l'acide chlorhydrique, et mieux encore par l'acide sulfurique, avec dépôt de silice.

Élément accessoire : **Diallage**, souvent très abondante.

Minéraux accidentels : *Grenats*.

La Serpentine, ordinairement à texture schisteuse, forme dans les schistes cristallisés des couches, des amas intercalaires considérables, ou même des filons. Ses dykes, ses masses percent aussi les terrains sédi-

mentaires de différents âges, et s'y fondent avec les Gabbros, l'Éclogite, et les roches diallagiques ou amphiboliques. Elle renferme des amas fort importants de fer chromé ou de Magnétite.

Elle résiste à l'attaque des agents atmosphériques, et ne donne aucune végétation ; par exemple en un certain nombre de points de la Nouvelle-Calédonie et dans les Alpes, où les habitants appellent *monts morts* les massifs qui en sont composés. L'action prolongée de l'eau et de l'acide carbonique de l'air finit pourtant par lui enlever de la magnésie, en produisant de la silice hachée, des opales, du carbonate, et même du sulfate de magnésie, lorsque la roche mère est pyriteuse.

La Serpentine provient généralement de la décomposition de minéraux riches en magnésie et pauvres en alumine (Péridot, Enstatite, Augite, Diallage, Hornblende). Les cristaux de Péridot de Snarum, en Norvège, montrent cette décomposition en grand ; on l'observe aussi dans ces hydrosilicates de magnésie, si riches en oxyde de nickel, appelés *Garniérite*, *Nouméite*, et provenant des environs de Kanala, Nouvelle-Calédonie. Fréquemment les cristaux de Péridot, dans un très grand nombre de roches, sont complètement altérés. Ceux de Snarum, intacts à l'intérieur, sont extérieurement transformés en une croûte granuleuse de Serpentine, d'où partent des filaments très fins de la même matière qui sillonnent en zigzag les cristaux, en se dirigeant dans leur ensemble, d'après Volger, suivant leur courte diagonale.

Lorsqu'on observe une section mince de Serpentine

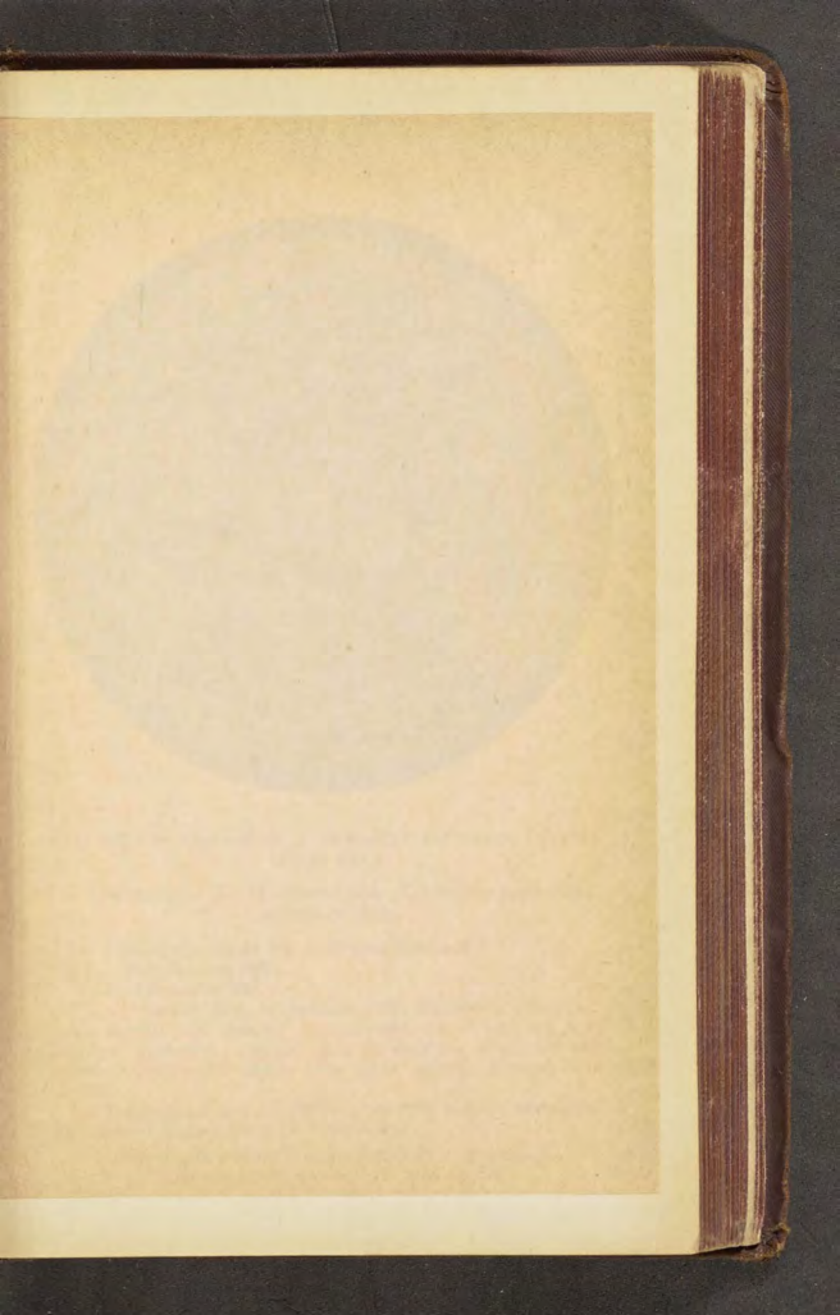




Fig. 197. — SERPENTINE A ENSTATITE DE BASTE (HARTZ).
(*Page* 844.)

Grossissement = 21 *diamètres. Lumière polarisée, nicols croisés.*

Le dessin représente les minéraux suivants :
I. — Fer chromé (28).
II. — Enstatite (22).
III. — Bastite (38), serpentine (39), chrysolite (39-a).

La bastite est parfois transformée en serpentine à la lumière polarisée, tandis qu'à la lumière naturelle elle montre encore les stries très fines qui la caractérisent (38-39).

Le fer chromé est en petits octoèdres à faces arrondies, légèrement translucides en brun foncé.

(*D'après MM. FOUQUÉ et MICHEL-LÉVY*, Minéralogie micrographique. — *Atlas, Pl. LIII, fig.* 2.)

entre deux nicols au microscope, on y observe ordinairement des couleurs vives et variées qui forment quelquefois une mosaïque à disposition des plus irrégulières, mais qui souvent sont juxtaposées en bandes parallèles.

Une matière serpentineuse, en petites lamelles, que l'on regarde comme provenant de l'altération de cristaux de Péridot, s'associe à un Feldspath bioblique décomposé dans la roche appelée par les Allemands *Forellenstein* (mot à mot : *pierre de truite*). Ces deux sortes d'éléments ne sont distincts qu'à un grossissement considérable, et se confondent en une pâte ordinairement verdâtre. Cette roche est assez abondante à Volpersdorf, en Silésie.

M. Zirkel rattache à la pierre de truite une Anorthite à serpentine de Harzbourg, étudiée d'abord par M. Hagge et décrite par M. Streng sous le nom de *Serpentinfels*.

L'Anorthite y forme une masse fraîche mais presque entièrement grenue, contenant du Péridot qui n'est pas encore tout à fait altéré.

92. **Écume de Mer** (*Meerschaum*, all. et angl.). — Hydrosilicate de magnésie, d'un blanc mat, légèrement rosé, happant à la langue, faisant pâte avec l'eau. Dureté, 2,5. La densité n'est que de 1,2 dans les échantillons les plus purs. Cette matière dégage de l'eau dans le tube bouché. Elle est difficilement fusible, mais elle est décomposable par l'acide chlorhydrique ; la solution montre les réactions des sels de magnésie.

CHAPITRE XI

ROCHES SILICATÉES DIVERSES.

ANHYDRES.

93. **Limburgite.** — Roche basaltique sans élément feldspathique ni analogue aux feldspaths.

Eléments : **Augite, Olivine, Magnétite titanifère**, en cristaux ; *Augite* et *Magnétite* microlithiques.

94. **Roche de .Scapolithe.** — Agrégat à grains fins ou compact, plus dur que le Feldspath, ayant pour densité 3.

Elément essentiel : **Scapolithe,** Silicate d'alumine, de chaux, de soude, qui cristallise en prismes droits à base carrée terminée par des octaèdres de même section, et qui est fusible au chalumeau, soluble dans les acides, et à peu près aussi dur que le Feldspath.

Minéraux accidentels : *Pyrites, Graphite.*

Cette roche forme un filon dans les couches d'Oligiste de Buchenberg, Hartz.

95. **Épidotite** (Syn. *Épidosite, Pistazitfels*). — Roche ordinairement d'un vert pistache, essentiellement formée d'**Épidote** en grains fins, ou compacte ; elle renferme toujours un peu de Quartz. Elle fond au chalumeau en émail noir brillant.

Minéraux accidentels : *Grenat*, *Calcaire*, *Talc*, *Pyrite cubique.*

L'Epidotite se rencontre en amas stratiformes, mais

très accidentellement dans les schistes chloriteux (Canada, Piémont, etc.).

96. **Schistes épidotiques** (*Grunschiefer*). — Roche schisteuse formée d'un assemblage microcristallin de **Feldspaths**, qui cimente des grains d'**Épidote**.

Dans les roches des environs d'Hainichen, M. Credner a trouvé 53,49 d'Epidote, 10,39 d'Albite, 8,2 d'Orthose, 13,89 de Calcaire; 6,9 d'Actinote, 6,9 de parties solubles dans l'acide chlorydrique. Ces schistes font partie des chloriteux et dérivent, comme eux, des amphiboliques.

97. **Cyanitfels**, Virlet. — Roche formée de Disthène bleu clair ou foncé (dans l'île de Syra).

Eléments accessoires : *Grenat*, *Smaragdite*, *Mica* blanc d'argent. Passe à l'Eclogite.

98. **Eclogite** (Syn. *Omphazitfels*). — Agrégat grenu à texture granitoïde, de Smaragdite d'un beau vert d'herbe, de grenat en grains d'un beau rouge, avec *Disthène*, *Epidote*, *Quartz*, *Mica*, *Pyrites*, etc.

Dans un certain nombre de ces roches l'Amphibole, qui entoure le grenat, est très dichroïque.

Dans la boue serpentineuse qui sert de gangue aux diamants du Cap on rencontre des fragments d'une roche formée de Diopside chromifère d'un vert émeraude et de beaux grenats.

99. **Grenatite**. — Roche essentiellement formée de Grenat rougeâtre, jaunâtre ou brun, grenu ou compact, n'offrant guère de cristaux nets que sur les parois de ses fentes.

Eléments accessoires : **Actinote** aciculaire, **Hornblende** noire (Suède), **Magnétite**, **Talc**, et souvent **Calcaire**.

La Grenatite s'observe en amas stratiformes dans les schistes cristallisés. Souvent le Grenat s'y rassemble en bandes compactes, parallèles, ondulées, au milieu de calcaires également compacts.

100. **Roches glauconieuses.** — L'on donne le nom de *Glauconie* à un silicate de protoxyde de fer et de potasse hydratée qui diffère chimiquement des Chlorites par sa teneur plus grande en silice et généralement beaucoup plus petite en alumine. Les analyses ont donné de 40 à 54 % de silice et de 2 à 7 % d'alumine. La Glauconie n'est connue qu'en grains mélangés à des calcaires ou à des grès, qui lui doivent leur apparence oolithique et leur couleur d'un vert clair ou foncé. Ex. : **Craie glauconieuse** ou *Chloritée* du sud de l'Europe et du bassin de Paris. **Calcaires glauconieux** du silurien de la Russie, ou de la base du calcaire grossier parisien. **Grès glauconieux** généralement verts, bruns, lorsque le fer oxydulé de la Glauconie est passé à l'état d'oxyde hydraté. Les grains de Glauconie s'y présentent souvent formés d'écailles emboîtées les unes

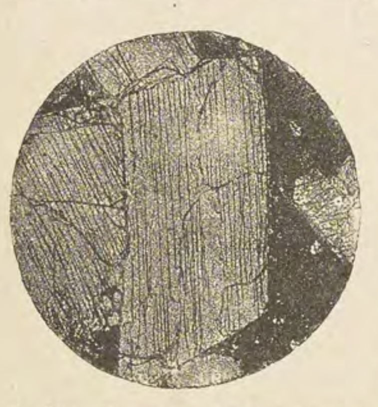


Fig. 198. — Clivages parallèles à l'axe vertical dans l'Augite de la Néphélinotéphrite de Neulinden, Kaiserstuhl.

dans les autres. Ils se trouvent à Saint-Pétersbourg, dans le Dévonien; ils caractérisent les grès verts du bassin de Paris, du terrain tertiaire de Vienne; ils abondent dans la Molasse suisse.

101. **Chamoisite.** — Roche d'un bleu noirâtre ou d'un gris verdâtre foncé, à texture oolithique ou compacte, d'aspect parfois terreux, empruntant ses caractères comme son nom à son élément essentiel.

La Chamoisite, espèce minérale, est une combinaison de 50 à 60 °/₀ de protoxyde de fer, de 14 à 12 °/₀ de silice, d'environ 7 °/₀ d'alumine et de 17,4 °/₀ d'eau. Elle a une densité supérieure à 3; elle donne au chalumeau une scorie noire magnétique, et abandonne de la silice gélatineuse dans l'acide chlorhydrique, qui en dissout le fer.

Souvent elle est mêlée d'une forte proportion de calcaire. Cette matière, ordinairement en grains, forme des couches dans le Jurassique alpin de la Suisse. Une espèce voisine de la Chamoisite, la Berthiérite, mêlée de carbonate de fer et de limonite oolithique, constitue le minerai de fer d'Hayanges (Moselle).

102. **Calamine.** — Hydrosilicate de zinc, en nodules, en masses concrétionnées, terreuses, blanches, parfois bleues ou vertes. Les cristaux ont pour forme primitive un prisme droit à base rhombe; ils sont pyroélectriques. La calamine est soluble et fait gelée dans les acides, donne de l'eau dans le tube bouché, se gonfle au chalumeau, et fond sur les bords. La poussière, chauffée fortement au chalumeau avec de l'azotate de cobalt, y devient d'un bleu verdâtre.

CHAPITRE XII

ROCHES TALQUEUSES.

103. **Talcschistes.**— Agrégats à texture distinctement schisteuse, d'écailles ou de paillettes de **Talc**, d'un jaune clair ou verdâtre, d'un vert d'huile, d'un vert émeraude, rarement rouge, à éclat nacré, huileux, à toucher doux et gras.

Éléments accessoires : **Quartz**, en grains, en masses allongées ; **Feldspath** (passage au Gneiss protoginique, stéatite, feldspathique de M. d'Omalins d'Halloy); **Chlorite** (passage aux schistes chloriteux); **Mica** (passage aux Micaschistes). Dans certaines variétés, le Feldspath forme des nodules que contournent les feuillets de la Roche (T. glanduleux).

Minéraux accidentels : *Grenats*, *Tourmaline*, *Staurotide*, *Disthène*, *Fer oxydulé*, *Oligiste*, *Pyrite*, *Graphite*, *Dolomie*, *Giobertite*, *Corindon*, etc. En couches alternes avec les autres schistes cristallisés, particulièrement avec les schistes micacés.

Pierre ollaire (*Pierre à pot*, *Tofstein*). — 1° Variété talqueuse, roche grisâtre, formée de stéatite compacte et impure (Prales, en Piémont).

2° Variété chlorito-talqueuse, la plus ordinaire.

CHAPITRE XIII

ROCHES CHLORITEUSES

104. **Schistes chloritiques.** — Agrégat, d'un vert plus ou moins foncé, à texture schisteuse, de **Chlorite** mêlée ordinairement de **Quartz** en grains. Ordinairement, malgré leur texture schisteuse, ils se prêtent peu à la séparation en feuillets.

Élément accessoire : **Feldspath.**

Actinote, Mica et **Talc** (passages aux Talschistes, Micaschistes, schistes d'Actinote).

Minéraux accidentels : *Carbonate de magnésie ; Fer magnétique* en octaèdres ; *Grenat* en rhombododécaèdres, souvent de couleur rouge hyacinthe ; *Diopside* incolore ou verdâtre ; *Épidote, Sphène, Actinote, Tourmaline, Corindon* ; *Pyrite* de fer, de cuivre, etc. ; *Calcaire* en amas ; *Quartzite* en couches ; *Serpentine.*

Les schistes chloriteux alternent avec les autres schistes cristallisés (talcschistes, micaschistes, schistes à actinote, à fer oligiste, phyllades).

L'on y rapporte le *Topfstein* chloriteux, verdâtre, des environs de Pignerol.

CHAPITRE XIV

ROCHES MICACÉES.

TYPE GRENU.

105. **Greisen** (Syn. **Hyalomicte**). — Assemblage de **Quartz** et de **Mica**, à texture grenue en tous sens. C'est un Granite sans Feldspath.

Le Mica est gris jaunâtre ou verdâtre et a l'éclat vif, quelquefois gras; le Quartz est cristallin et gris.

Minéraux accessoires : 1° **Étain oxydé** en grains noirs à cassure vitreuse, à éclat un peu résineux;

2° **Feldspath** (passage au Granite).

Minéraux accidentels : *Fluorine*, *Apatite*, *Topaze*, *Tourmaline*, *Émeraude*, *Pyrite de cuivre*, *Mispickel*, *etc.*

Nous pourrions placer ici les Hornfels à texture grenu microcristalline, mais nous en renvoyons la description à la suite des Leptynolithes, page 357.

TYPE SCHISTEUX.

106. **Micaschistes.** — Assemblage grenu, cristallin, de **Mica** et de **Quartz** à texture schisteuse. Le Mica forme ordinairement la moitié ou le tiers de la masse; mais dans quelques-uns, la quantité de Mica est si petite qu'ils ne méritent plus que le nom de schistes quartzeux micacés; dans d'autres, au contraire, c'est le Quartz qui disparaît. Aussi la proportion de silice varie-t-elle de 40,7 (variété dite Amphilogite, du Zillerthal, dont la densité est de 2,75) à 69,45 (Micaschiste

du Tyrol, dont la densité est de 3,14). Elle atteint même 82,38 au mont Rosa. Dans ces roches, le Mica se présente à l'état de paillettes indépendantes, disposées par couches, ou réunies en membranes. Le Quartz cristallin grenu remplit l'espace qui sépare ces couches ou ces membranes parallèles et planes, ou ondulées, contournées, plissées en zigzags. Plus le Mica est abondant, plus la roche devient schisteuse. Certains Micaschistes se divisent aisément, parallèlement à la schistosité: cette cassure est souvent ridée; elle miroite, brille d'un vif éclat et ne montre pas de Quartz.

C'est dans la cassure perpendiculaire que l'on peut mieux se rendre compte de la vraie proportion du Mica. Lorsque le Quartz est très abondant, la schistosité n'est plus que peu apparente, et le Quartz forme des lentilles, des plaques, des nœuds que le Mica entoure. Le Mica le plus ordinaire est un des Micas potassiques à deux axes optiques, de couleur claire, gris verdâtre; jaunâtre, blanc; cependant certains Micaschistes d'un noir foncé doivent cette couleur à un Mica ferro-magnésien de la même nuance.

La Damourite, à éclat nacré, renfermant de l'eau, remplace quelquefois les Micas proprement dits.

Éléments accessoires des Micaschistes:

1° Le **Graphite**. Il se substitue plus ou moins complètement au **Mica** et donne à la roche son éclat caractéristique (*Micaschistes graphiteux*).

2° Le **Calcaire**. Il se substitue au Quartz. *Micaschistes calcaires* (passage aux Cipolins).

3° Le **Grenat**. Il est quelquefois au moins aussi abondant que les éléments essentiels. Il a la forme de

rhombododécaèdres, ou de grains rouges ou bruns: il semble avoir cristallisé après le Mica, dont il a ployé les couches.

Les Micaschistes, en s'associant du **Feldspath**, du **Talc**, de la **Chlorite**, de l'**Amphibole**, passent au Gneiss, aux schistes talqueux, chloriteux, amphiboliques. Le **Fer oligiste** y établit, de son côté, la transition aux Itabirites.

Minéraux accidentels. Ils sont extrêmement nombreux; nous ne citerons que la *Tourmaline*, l'*Andalousite*, la *Staurotide*, le *Disthène*, l'*Émeraude*, l'*Apatite*, et, parmi les minerais, la *Pyrite cubique*, souvent *aurifère*, la *Pyrite de cuivre*, le *Mispickel*.

Dans quelques régions, par exemple, dans l'île de Syra, les schistes micacés renferment des petites aiguilles enchevêtrées de glaucophane.

Le *glaucophane*, d'Hausmann, silicat d'alumine, de fer, de magnésie et de soude, s'y présente en longs prismes minces rhomboïdaux à quatre et à six faces clivables suivant leurs pans, de couleur bleüe, bondant au chalumeau en un verre vert olive.

Les Micaschistes recouvrent ou enveloppent les Gneiss. Ils forment quelquefois de hautes montagnes déchirées par de grandes crevasses.

L'altération consiste surtout dans la suroxydation de l'oyde de fer contenu dans le Mica; si elle est complète, elle produit une argile ocreuse, arénifère et micacée.

Sable de Mica. Mica en paillettes, ordinairement mêlées de grains quartzeux.

Les Micaschistes doivent leur scructure schisteuse à des actions mécaniques postérieures à la formation

primitive. Sorby a su retrouver, au milieu du Quartz limpide de formation secondaire, le Quartz ancien trouble et riche en inclusions fluides ou microlithiques, et les fragments du Feldspath primitif brisé, quelquefois transformé en agrégat grenu.

107. **Schistes à Paragonite.**— Roche à facies talqueux, de monte Campione au Saint-Gothard, à structure schisteuse, à cassure écailleuse ou compacte, à poussière onctueuse, assez tendre pour être rayée par l'ongle. Dureté, 215. — La **Paragonite**, silicate d'alumine et de soude, en est l'élément essentiel sous la forme de paillettes hexagonales ou de petites bandelettes dans la roche, qui renferme les beaux prismes allongés de *Disthène* bleu, souvent groupés avec des prismes nettement cristallisés de *Staurotide* brune ou s'entre-croisant avec eux. La Paragonite y a pour densité 2,77. Il s'y mêle du *Lépidomélane*, Mica noir de corbeau, noir bleuâtre en sections minces, à éclat adamantin, presque métallique, quelques cristaux verdâtres très dichroïques d'Épidote ou d'Amphibole, et, d'après M. von Lasaulx, une quantité considérable de très petits microlithes semblables à des stries parallèles ou croisées.

Nous avons analysé une roche à structure fibreuse qui se trouve pincée dans le calcaire carbonifère de Changé, près Laval (Mayenne), et qui se compose essentiellement d'une masse à éclat gras, à poussière aussi onctueuse que celle du talc, d'un blanc verdâtre, facile à rayer par la pointe d'un burin, assez facile ment fusible au chalumeau en émail blanc, attaquable par l'acide sulfurique concentré, se transformant à peu près complètement en silicate gélatineux, lors-

qu'on la traite par une dissolution chaude de carbonate de potasse, offrant la composition chimique de la Paragonite du Saint-Gothard, et décomposable à un fort grossissement au microscope en fibres courtes, isolées, fusiformes, qui s'éteignent parallèlement à leur longueur, entre deux nicols croisés. La Paragonite est généralement mêlée dans cette roche de cristaux de Quartz bipyramidé à dimensions assez grandes pour être reconnaissables à l'œil nu (1).

108. **Schistes à Séricite** (Sericitschiefer, *Sericitphyllit*). — Roches à schistosité fine, à teintes claires, à éclat gras, talqueux, mais essentiellement formées de silice, d'alumine et de potasse sans magnésie. Elles font partie de la zone de contact des schistes argileux et du granit. Elles sont composées d'une pâte cryptocristalline uniréfringente, qui relie entre eux de nombreux grains de Quartz et des lamelles ou esquilles de Séricite tapissant la surface des plans de schistosité. La roche fond difficilement au chalumeau en émail nébuleux. M. Credner a observé dans la pâte des Séricitphyllites des environs d'Hainichen des Microlithes et des Trichites en très grand nombre.

Une variété violette de cette contrée est colorée par des oxydes de fer, et contient de la chlorite et un peu de calcaire.

109. **Schistes à Dipyre.** — J. de Charpentier avait indiqué de très petits cristaux arrondis de dipyre dans un schiste noir sur la rive droite du Lès, à peu de distance de la forge d'Angoumer, près de Luzenac (Ariège). On connaît aussi les cristaux d'un lilas clair,

(1) E. J., *Bull. Soc. géol. de France*, 3e série, t. X, p. 396.

analysés chimiquement par Delesse et par M. Pisani, étudiés optiquement par M. Descloizeaux, qui proviennent d'une couche de cristaux friables, opaques de la même substance, subordonnée à une argile talqueuse dont se compose l'îlot de Libarens.

M. von Lasaulx a analysé le schiste d'Angoumer. Il le regarde comme un mélange de fines paillettes d'une matière talcoïde et de débris de Feldspath, peut-être aussi de Quartz empâtés dans un ciment isotrope qui renferme des microlithes comme les cristaux ; ceux-ci contiennent en outre des aiguilles talqueuses.

110. **Schistes à Ottrélite**, d'Ottrez et autres localités des Ardennes. — Comme dans les précédents, M. von Lasaulx y a reconnu un ciment isotrope qui relie entre elles des particules de Quartz provenant d'une roche antérieure, et d'un minéral brun verdâtre en prismes pyramidés, en même temps que des lamelles d'Ottrélite d'assez grandes dimensions.

111. **Leptynolithe.**— Ce nom a été donné par Cordier à une roche, qui est, à l'égard des Minettes, ce que le gneiss est à l'égard des granits. Cette roche, d'un gris plus ou moins noirâtre, schistoïde ou tabulaire, est formée surtout de **Mica**, auquel s'associe du **Feldspath.** Elle se rattache aux schistes cristallisés.

Souvent elle est comme maculée par une matière noire extérieurement, mais blanche dans la rayure. Elle prend alors le nom de *schiste tacheté*, dont les taches produites par une matière organique, comme l'a montré M. Rosenbusch, ont la forme de gerbes, de mouchetures (*Garbenschiefer* , *Fleckenschiefer* des auteurs allemands). Les colorations sont dues à de l'ocre

jaune dans les roches de Tirpersdorf, près Oblitz.

Le plus souvent ces sortes de schistes contiennent peu de Feldspath. Leur composition minéralogique les rapproche des Micaschistes; mais ce sont des modifications de schistes argileux au contact des granites.

Ceux de Wesenstein et de Weckselbourg, en Saxe, consistent, d'après M. von Lasaulx, en un mélange de paillettes très fines d'un minéral voisin du Talc ou du Mica, avec petits cristaux verts à bords aigus empâtés dans un ciment quartzeux. Les concrétions en sections minces paraissent essentiellement formées de fragments de Mica enveloppé par ces taches foncées et par une zone brune de décomposition. C'est là que s'est concentrée la matière colorante (1).

Les schistes tachetés prennent quelquefois la forme de *schistes noueux*, qu'on peut appeler *schistes argileux à nodosités* (*Knotenthonchiefer*), ou *schistes micacés noueux* (*Knotenglimmerschiefer*), suivant leur richesse en Mica. Il est vrai que les derniers sont beaucoup plus cristallins que les autres; mais la structure cristalline résulte d'actions postérieures à l'époque où la roche a été formée pour la première fois. Celle-ci était primitivement un schiste argileux, qui est devenu cristallin au contact des granites. M. Rosenbusch, qui a étudié de près cette transformation, y distingue trois stades qui donnent lieu à trois zones successives de schistes de plus en plus modifiés à mesure qu'on se rapproche de la masse éruptive.

La première est celle des *Schistes argileux noueux*.

(1) *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 1872, p. 840.

Ceux-ci ne diffèrent des schistes normaux que par une teinte en quelque sorte éclaircie, par suite du retrait de leur pigment qui va s'entasser dans leurs nodosités. Quant aux nodosités, elles sont identiques, pour leur composition et leur constitution essentielles, au schiste qui les renferme.

Dans des cas rares elles sont formées de Dipyre ou d'Andalousite (Bretagne, et zone de contact de Kirchberg, dans l'Erzgebirge).

La deuxième zone, celle des *Schistes noueux micacés*. Le grain de la roche devient plus grossier; les silicates hydratés, tels que la chlorite, disparaissent; la roche prend un caractère micacé; elle consiste essentiellement en **Quartz** et en **Mica**, incolore, vert ou brun. Le pigment s'y condense en des points isolés, variables, de ses nodosités.

Éléments accessoires : généralement la *Staurotide*, pléochroïque, et suivant les régions, la *Cordiérite*, *l'Andalousite*, la *Tourmaline* qui forme avec le Quartz une roche qu'on pourrait appeler *Hornfels à tourmaline*.

La troisième zone est celle des *Hornfels*.

112. **Hornfels.** — Roche compacte, dure, à teinte claire en général, à cassure finement esquilleuse et d'aspect corné. Elle provient de la modification de roches schisteuses au contact des granites et elle a généralement perdu sa schistosité primitive. Les Hornfels n'offrent pas tous la même composition, et seront probablement subdivisés par la suite. Un des mieux étudiés est celui qu'on voit immédiatement au contact du massif granitique du Ramberg. D'après M. Rosenbusch, il est composé essentiellement de **Quartz**, **Mica magnésien rhombique** avec *Magnétite*. Il renferme en même temps

de l'Andalousite en prismes rhombiques, presque carrés, qui s'éteignent suivant leurs diagonales, et des sections rectangulaires qui s'éteignent suivant leurs côtés. On y rencontre aussi des cristaux de *Quartz* et de *Cordiérite*. Ces cristaux englobent une matière visible et jaunâtre pour certaines directions, invisible pour d'autres en lumière naturelle, qui leur communique en lumière polarisée un polychroïsme intense rappelant celui que Senarmont a donné artificiellement à des cristaux incolores par eux-mêmes au moyen de teintures; c'est un pigment organique qui disparaît quand on en élève suffisamment la température.

M. Lossen, qui a examiné, de son côté, une de ces pierres provenant du flanc oriental du Ramberg, l'a décrite comme composée d'une masse fondamentale, limpide, dont on ne peut affirmer provisoirement la nature opaline, et qui contient un grand nombre de très petites paillettes de Mica.

Pour M. Rosenbusch, on n'y trouve du Feldspath qu'exceptionnellement. Dans ce cas le Feldspath proviendrait du Granite.

M. Lossen critique la dénomination de Hornfels appliquée à des masses qui n'ont de commun que leur facies définitif, et qui dérivent de roches originairement très différentes, telles que des schistes argileux, des grauwackes, etc.

113. **Spilosite**, Zinken. — Cette roche, nommée par Zinken, se trouve au contact des schistes et des Diabases; c'est un schiste à nodosité qui rappelle celui qu'on observe au contact des granites et des schistes ambiants, mais qui s'en distingue par sa teneur généra-

lement faible en Quartz. MM. von Lasaulx et Lossen ont étudié des échantillons du Hartz. M. Lossen (1) a examiné spécialement la Spilosite de Heinrichbourg; il y a reconnu d'abord une masse fondamentale transparente, uniréfringente, qu'il regarde comme pouvant être un silicate à l'état amorphe, et empâtés par le ciment de nombreux éléments cristallins des nodosités.

Les premiers consistent en : 1) innombrables petites paillettes de Mica ayant toutes leurs bases parallèles à la schistosité, même dans les enveloppes concentriques ou tangentielles qu'elles forment autour des nodosités; 2) petits amas d'un vert jaunâtre de petites paillettes de **Chlorite**, moins transparentes et moins vivement colorées que celles du Mica, et formant des espèces de pelotons semblables aux nodosités véritables; 3) petits flocons troubles, opaques, d'un gris noirâtre, mais d'un gris verdâtre et translucides sur les bords en lumière transmise à un plus fort grossissement, qui sont sans doute un mélange de chlorite et de débris terreux de la roche échappés à la transformation générale; 4) petits grains noirs, mats, vraisemblablement organiques.

Les nodosités verdâtres ou vert jaunâtre sont de petits disques transparents à bords foncés, circulaires, ovales ou irréguliers, qui renferment le silicate amorphe limpide et les substances décrites aux numéros 3 et 4.

M. Rosenbusch a retrouvé dans les Spilosites du Hartz toutes les matières décrites par M. Lossen, excepté le silicate des masses transparentes qui lui

(1) Lossen, *Ueber den Spilosit und Desmodit Zinken's: Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft*, 1872, p. 743.

paraissent composées de paillettes de Mica d'une petitesse extrême. Enfin, on reconnaît dans ces roches la présence de petits grains et de petites aiguilles de Quartz, d'Albite et d'Actinote.

114. **Phyllades** (*Slate*, angl. *Thonglimmerschiefer*, schistes argileux micacés, et une partie des *Thonschiefer*, des lithologistes allemands). — Comme l'indique leur nom, tiré de φυλλον, feuilles, ces roches se divisent en feuillets très minces. Leur divisibilité facile, que la plupart des géologues appellent *clivage*, n'est pas originelle, ni particulière à un corps de composition et de structure définies, comme le clivage des minéraux. Elle se manifeste dans des roches très différentes d'une même contrée, en y affectant une direction constante, et généralement oblique, par rapport aux plans de leur stratification (Ex. Ph. à couches ondulées, toutes coupées par des plans de clivage parallèles).

Le clivage, comme on le voit, provient d'une cause générale, qui a imprimé au facies de ces roches un trait commun (voir *Structure schisteuse*).

Ordinairement, il est accompagné dans les Phyllades d'une cohérence exceptionnelle, qui fait de leurs lames minces des matériaux aussi solides que légers pour la couverture des édifices (ardoises, P. tégulaires).

Outre ces caractères, qui ne leur sont pas absolument propres, les Phyllades présentent encore les suivants : leur surface de *clivage* est toujours plate, bien que parfois un peu esquilleuse ; elle est lisse dans l'ensemble, et brille d'un luisant toujours assez sensible, quelquefois même d'un éclat satiné ou soyeux.

Les variétés, que ternit leur mélange avec une trop grande quantité de particules charbonneuses, prennent souvent un éclat nacré, lorsqu'on les décolore, en les portant à une température suffisante pour brûler leur charbon (Ex. Ph. maclifères des environs de Luchon, Hautes-Pyrénées). Leur poussière a le toucher doux. Ils fondent au chalumeau, tantôt difficilement (P. de la Tarentaise, des environs de Lamure, Isère; P. maclifères des Pyrénées ou de la Bretagne), tantôt facilement (P. à cassure esquilleuse des Pyrénées; de Fumay, Ardennes), quelquefois en s'exfoliant (P. de la Nouvelle-Calédonie).

Leurs couches inférieures, *Phyllades satinés* qui touchent aux schistes cristallins, et qui même alternent quelquefois avec eux, se rapprochent des schistes micacés ou talqueux, par leur éclat luisant ou même satiné, par leur faible dureté, souvent inférieure à celle du gypse. Les supérieures, très abondantes encore dans les étages relativement récents des terrains de transition, passent au contraire insensiblement aux schistes argileux, par l'affaiblissement de leur éclat. Elles sont plus dures que les précédentes en général, mais toujours faciles à rayer, au moins avec la pointe d'un burin.

Chimiquement, ils renferment environ 60 % de silice, avec les écarts énormes de 15 % en moins, et de 15 à 18 % en plus; puis, de 15 à 20 % d'alumine; le reste se partageant d'une manière très variable entre la magnésie, la potasse, l'eau, la chaux et la soude. L'eau n'y existe pas toujours; elle y dépasse peu 2 à 3 %.

L'acide chlorhydrique en décompose 12 à 27 %, et

l'acide sulfurique concentré de 25 à 50 %. Enfin la densité oscille entre 2,64 et 2,95.

En soumettant à un grossissement de 400 en lumière polarisée des sections minces de schistes argileux, M. F. Zirkel a remarqué d'abord que ces schistes contenaient fort peu d'éléments d'une roche sédimentaire primitive, qu'ils étaient presque entièrement cristallins. Une matière analogue au talc ou au mica, une substance quartzeuse à forme arrondie, mais vivement colorée en lumière polarisée, contenant des inclusions fluides avec bulle mobile ou *libelle*, et une pâte uniréfringente opaloïde, servant de ciment aux parties cristallines, tels étaient les éléments que M. Zirkel avait pu déterminer. Mais il avait remarqué aussi des aiguilles très minces, généralement droites, souvent groupées, qui lui ont paru caractériser les schistes argileux proprement dits, ainsi que les Phyllades de tous les pays ; ces microlithes étaient restés indéterminés. Ils appartiennent à deux espèces minérales, la Tourmaline et la Staurotide. Le P. Renard a signalé le premier la Tourmaline dans les schistes coticulaires de Viel-Salm (1). M. Kalkowsky (2) a complété et généralisé cette détermination. Il a montré que les microlithes de M. Zirkel étaient composés en grande partie de Staurotide, associée ou non à de la Tourmaline. M. Mallard (3) a confirmé ces observations ; il a déterminé la forme cristalline des cristaux de Tourmaline

(1) P. Renard, *Mémoires savants étrangers, Académie de Belgique*. 1878.

(2) Kalkowsky, *Die Thonschiefernadelchen ; Neues Jahrb.*, 1879, 382.

(3) Mallard, *Bull. Soc. min. de France*, t. III, 1880, p. 101.

et rapporté à la chlorite la substance talcomicacée des ardoises.

Les couleurs sont extrêmement variables : le vert, le violet, le bleu, le rouge, le gris, le jaune, le noir, et leurs mélanges. Cette dernière coloration est due à des particules charbonneuses. Les autres sont produites par des oxydes de fer (rouge, jaune, violet, verdâtre, etc.); le vert l'est par de la chlorite, ou même par des substances organiques intimement mélangées.

Éléments accessoires : **Graphite** ; **Amphiboles** ; **Talc** ; **Chlorite** (passages aux schistes cristallins); *Magnétite*, en octoèdres noirs ; **Macle.** Elle produit les *Maclines* ou *schistes maclifères*, d'un noir foncé ou d'un noir grisâtre, composés de Phyllades dont les faces de cassure sont rendues ordinairement comme raboteuses par les innombrables cristaux de Macle qui s'y trouvent disséminées (fig. 18 et 19, p. 54); **Staurotides** ; schistes à Staurotides (formes cristallines mal définies); **Sable quartzeux** (*Ph. arénifères*); **Calcaire** (voy. *Marbre griotte*, à ce mot); **Quartz cristallin**, en filons, en veines, qui sillonnent le schiste en tous sens.

La Macle, variété d'Andalousite ou chiastolithe, est particulièrement remarquable par ce pigment formé des petites esquilles d'une substance charbonneuse, qui colorent en noir une portion du cristal intérieurement concentrique à la partie extérieure du prisme resté d'un blanc pur, ou simplement les plans parallèles aux diagonales de ses bases, ou encore des pyramides intérieures.

Ph. porphyroïdes. Quelques variétés doivent ce nom aux cristaux nombreux de Feldspath qu'elles renferment, et qui sont d'intrusion évidemment postérieure

au dépôt de la roche. A Deville (Ardennes) et aux environs, ces Phyllades porphyroïdes passent peu à peu à de véritables Porphyres.

Les Phyllades enveloppent les Micaschistes et se moulent sur eux. La plupart appartiennent aux terrains de transition; l'on en connaît quelques-uns tout à fait exceptionnels dans la formation crétacée du Caucase et dans le Flysch (éocène de la Suisse). A l'autre extrémité de la série des roches stratiformes ils alternent avec les schistes chloriteux et talqueux, dans plusieurs parties des Alpes du Salzbourg, en Styrie, en Silésie, etc., avec des grès, des argiles, des calcaires, en Bohême, en Angleterre, dans le Hartz. Ils constituent des masses puissantes, plissées, ondulées, parfois redressées en escarpements abrupts et stériles. Ces régions, considérables dans les Ardennes, la Bretagne, l'Angleterre, les Pyrénées, les Cévennes, les Alpes, la Bohême, l'Altaï, etc., sont entièrement composées de ces schistes.

Plans de séparation. Souvent à un clivage facile on voit s'ajouter une fissilité plus ou moins nette suivant un plan perpendiculaire ou oblique à la schistosité; c'est ce qu'on appelle dans l'industrie *fil* ou *longrain;* la roche se casse quelquefois en baguettes (crayons d'ardoises); d'autres directions de divisibilité s'ajoutent encore dans certaines variétés à ces clivages; les bancs semblent décomposés en prismes rhomboïdaux.

115. **Novaculite** (Coticule, Pierre à rasoir, à calumets, *razor-hone*, angl.; *Rasirmesserstein*, all.). — Phyllade imprégné de silice qui en augmente la dureté, qui la rend moins fissile et qui lui donne une cassure un peu conchoïdale.

Aux environs d'Ottrez (Ardennes belges), l'on voit nettement les passages du Phyllade ordinaire à cette variété.

CHAPITRE XV

ARGILES.

116. **Schiste argileux** (*Clay-state*, angl.; *Thonschiefer*, all.; Térénite, de Cordier; schiste commun). — Roches à texture éminemment schisteuse, composées surtout d'argile indélayable dans l'eau, mêlées souvent de Mica en paillettes plus ou moins visibles à l'œil nu, et ordinairement de grains de Quartz. Ce sont des silicates d'alumine, qui renferment ordinairement de 4 à 5 % d'eau, et quelquefois davantage. Souvent les schistes des terrains de transition offrent nettement cette fissilité particulière, que nous avons appelée le clivage, dans les Phyllades; ils sont aussi très compacts, et leur surface de cassure est lisse. Ex. les schistes carburés, dits amélitiques, si riches en gratpolithes, du silurien supérieur; mais ils n'ont plus autant de cohérence, de sonorité; ils sont déjà ternes, et prennent l'aspect terreux, surtout lorsqu'on les a décarburés par la chaleur. Ce sont les *schistes argileux proprement dits*. Ceux des terrains supérieurs ont un grain de plus en plus grossier; ils sont plus friables, et leur stratification devient plus apparente. Quelques lithologistes les distinguent de ceux qui précèdent par la dénomination d'*argiles schisteuses*. Quelquefois des paillettes de Mica, répandues abondamment sur leur surface de cassure, leur donnent un certain écla'

(Schistes des terrains houillers); mais l'on reconnaît facilement le fond terne sur lequel scintillent ces points brillants.

Nous avons eu occasion d'examiner des schistes houillers des environs de Vernayaz, dans la vallée de Salvan. Ils offrent le grain le plus grossier et la texture la plus compacte. Ceux à gros grains, difficilement fusibles au chalumeau, sont formés des éléments du Granite, Mica en membranes ondulées, en lamelles hexagonales, Quartz granuleux, avec plages vertes, d'une matière chloriteuse. Dans les variétés à grains fins, on observe des grumeaux bruns d'une matière argileuse mêlés à des fibres vertes d'une matière chloritoïde qui s'entre-croisent avec d'autres incolores qui me paraissent se rapprocher de la Pyrophyllite, ou mieux encore de la Paragonite.

Ces roches sont fusibles au chalumeau. Elles contiennent souvent des matières charbonneuses, ou même des Bitumes. L'on y rencontre aussi de la *Pyrite*, de la *Blende*, de la *Galène*, des rognons de *fer carbonaté lithoide* (terrain houiller), des empreintes de poissons à écailles, remplacées par des sulfures de cuivre (Schistes bitumineux noirs, cuprifères ou Kupferschiefer du Permien). Elles forment des couches importantes colorées en rouge par de l'oxyde de fer, dans l'étage des grès bigarrés, dans celui du Keuper. L'on en a retrouvé dans la formation des lignites de la Bohême.

Je crois devoir y rapporter certains schistes siliceux trop durs pour être rayés par une pointe d'acier, mais fusibles, quoique difficilement, et, par exemple, celui d'Osterode, Hartz, qui renferme 61,24 silice, 18,75 alumine, 11,70 sesquioxyde de fer; le reste en magnésie,

potasse, soude; un grand nombre de ceux des Pyrénées et, en général, la *pierre de Touche* la moins dure, dite *Lydienne* de d'Aubuisson, dont les anciens recherchaient les fragments roulés dans les eaux du Tmolus, en Lydie.

L'Argilite offre tous les passages possibles aux schistes siliceux, et se trouve en couches dans les terrains de transition et dans le carbonifère.

117. **Thermantides** (*Porcellanites; Jaspes porcelaines*). — Roches ressemblant à des émaux plus ou moins vitreux, d'un bleu lavande, d'un gris perle, ou bien encore jaunâtre, brunâtre, violâtre, et souvent de plusieurs teintes disposées par bandes parallèles ou entremêlées les unes avec les autres de manières diverses. Elles sont compactes, quelquefois un peu schisteuses, opaques ou peu translucides, et fusibles en globules clairs.

Elles résultent de la vitrification des argiles au contact des Basaltes (Dunbar, Ecosse), etc., ou de houillères embrasées, à Commentry, à la Bouiche (Allier); à la Ricamarie, près Saint-Etienne (Loire), à Zwickau, en Saxe, etc.

118. **Ampélite** (*Schiste alumineux; Ampélite graphique*). — Schiste argileux, tendre, mat, noir, imprégné d'Anthracite pulvérulente, et de Pyrite, dont le soufre s'oxyde et forme un sulfate soit avec le fer qui lui était combiné, soit avec l'alumine de la roche. Les sulfates auxquels donne lieu sa décomposition facile la font employer comme amendement pour la vigne. Lorsque la proportion de carbone y est considérable, l'Ampélite est utilisée comme crayon noir.

119. **Argilite** (*Claystone*, angl.). — Roche qui joue, par

rapport aux schistes argileux, le même rôle que la Novaculite vis-à-vis des Phyllades. Ces masses compactes, solides, sont formées d'argile, combinées à un excès de silice, qui les rend plus compactes. Elles ont l'odeur argileuse, mais elles fondent très difficilement au chalumeau ; elles happent peu à peu à la langue ; elles ne font point pâte avec l'eau ; elles ont la cassure plate ou conchoïdale, et quelquefois l'aspect jaspoïde. Elles forment des couches massives ou schistoïdes, qui tendent à se diviser en petits fragments irrégulièrement polyédriques.

Ex. : Argilite de Ronchamp (Vosges) ; de la Louisiane (Terre à calumets des Indiens).

120. **Kaolin** (*Terre à porcelaine* ; *Porzellanerde*, all.). — Les analyses conduisent à peu près à la formule : $(Al^2O^3) 2 Si O^2 + 2 H^2O = 47{,}05$ silice ; 39,21 alumine ; 13,74 eau).

La densité varie de 2,4 à 2,6 ; la dureté de 1 à 2,5. La forme cristalline n'a pas encore pu en être déterminée. Il a l'éclat nacré ou terreux ; il happe légèrement à la langue. Il fait difficilement pâte avec l'eau. Il se présente ordinairement en masses importantes, maigres au toucher, blanches, rougeâtres, etc., plus ou moins mélangées de Quartz, de Mica ou d'oxydes de fer. Il est infusible au chalumeau ; il n'est attaqué que par l'acide sulfurique bouillant.

Il résulte de la décomposition de plusieurs silicates alumineux, principalement du Feldspath, des Granites, des Pegmatites, des Porphyres, du Gneiss, des Trachytes.

Il sert quelquefois de ciment à certains grès ou à des conglomérats.

121. Argile plastique (*Plastic clay*, angl.; *Töpferthon*, all.). — Elle contient ordinairement un peu plus de silice que le Kaolin. Elle possède à un haut degré la propriété de donner avec l'eau une pâte qui se laisse mouler, et qui conserve sa forme après la cuisson. A l'état sec, elle est plus ou moins finement terreuse, friable, tendre, mate, onctueuse; elle se polit sous l'ongle. Elle est d'un gris veiné de rouge et de jaune (argiles bigarrées) ou verdâtre, bleuâtre, noirâtre. Sous l'action du souffle, elle exerce sur la muqueuse nasale une impression particulière, que l'on appelle l'odeur argileuse, celle que la terre exhale après la pluie.

La densité en est d'environ 2,44. Elle absorbe l'eau et la retient énergiquement; elle happe à la langue. Au chalumeau, elle est infusible; elle est attaquable par l'acide sulfurique concentré, surtout après calcination. La plus pure, qui a la composition du Kaolin, sert à la fabrication des cazettes à porcelaine (abondant près Dreux). Les autres en diffèrent par une plus forte proportion de silice; parmi elles on distingue la terre de pipe (Ardennes), et celles que l'on recherche pour la fabrication des faïences. Lorsque l'argile est colorée par des matières charbonneuses (en noir), elle se décolore au feu; les colorations vertes, rouges, jaunes, plus ou moins bleuâtres, qu'elle doit souvent aux oxydes de fer, tournent toutes au rouge plus ou moins foncé, à la température de la cuisson de la brique.

La *Terre glaise*, *argile plastique commune*, *terre à poteries*, *argile figuline*, plus friable, plus fusible, est souvent aussi mélangée de quelques centièmes de sable quartzeux, ou de calcaire. Enfin, elle contient,

comme mélanges visibles, de la Pyrite blanche en nodules cristallins, du gypse en cristaux souvent volumineux et nets, du succin, du lignite, des végétaux, ou ces rognons de calcaire argileux que l'on appelle *septaria*.

Lorsque les proportions du calcaire dépassent 15 à 20 % dans une argile, elle prend le nom de *marne*.

L'argile cesse de faire pâte avec l'eau, et ne la retient plus aussi bien après sa dessiccation, lorsqu'elle renferme une trop grande quantité de limonite, de sable et surtout de silicate de magnésie.

Dans certaines argiles, l'alumine est en partie remplacée par du sesquioxyde de fer rouge, dont la proportion s'élève à 15 ou 20 %. L'oxyde de fer, en s'hydratant, les colore en jaune d'ocre ou en brun. Ces roches très ferrugineuses, appelées *bols*, grasses au toucher, se dissipent en petits fragments dans l'eau. Elles sont en partie attaquées par l'acide chlorhydrique, et fusibles au chalumeau. On les trouve en rognons dans les Mélaphyres, les Basaltes, et l'on peut en rapprocher celles qui se produisent par l'altération des roches riches en fers, telles que certains Micaschistes.

122. **Lithomarge** (*Steinmark*). — Argile compacte. Elle a le toucher gras ; la cassure en est souvent conchoïdale ; les couleurs y affectent une disposition rubanée. Dureté : un peu supérieure à celle du gypse. Densité : 2,5 à 2,6.

Chimiquemennt, elle diffère peu du Kaolin. Elle forme des veines ou des amas au contact des Porphyres et des Serpentines.

123. **Argile smectique** (*Terre à foulon. Fuller's earth*,

angl.; *Walkererde*, all.).—Elle renferme à peu près deux fois plus d'eau que celles qui précèdent. Elle est à un plus haut degré onctueuse, happant à la langue; elle est surtout recherchée pour son pouvoir absorbant considérable à l'égard des corps gras. Les caractères particuliers qui la distinguent des précédentes sont de se délayer mal dans l'eau, où sa masse se démolit par fragments de plus en plus ténus, et de fondre au chalumeau. Elle est presque complètement attaquable par les acides et les alcalis. Généralement grise ou verdâtre, elle est quelquefois colorée d'autres nuances; elle est souvent tachetée. Elle se polit facilement sous l'ongle; dans la cassure fraîche, elle est assez éclatante, et plus ou moins translucide sur les bords, surtout lorsqu'elle est placée dans l'eau. L'on en connaît des couches dans le Fullers-earth d'Angleterre, auquel elle a donné son nom; en lits, au milieu de la formation gypseuse des environs de Paris. En Allemagne, elle se rencontre souvent au voisinage des Gabbros.

124. **Argile magnésienne** (*Schiste happant*).—C'est un mélange d'argile ordinaire et de magnésite, hydrosilicate de magnésie. Elle possède au plus haut degré la propriété d'absorber l'eau. L'on en trouve fréquemment en petits lits dans les environs de Paris. Elle est attaquée par l'acide chlorydrique et fait gelée avec lui. La solution débarrassée de l'alumine et des oxydes de fer par l'ammoniaque, de la chaux par l'oxalate d'ammoniaque, précipite ensuite par le phosphate de soude.

125. **Limon** (*Lehm*).— Argile mêlée de sable très fin, peu happante à la langue, dont les colorations plus ou

moins brunes ou jaunâtres proviennent des oxydes de fer dont elle est imprégnée. Elle est ordinairement mêlée de calcaire, de petites quantités de sels, phosphates et sulfates terreux ou alcalins, de matières organiques. Elle forme les terres végétales et recouvre les plaines et les flancs des vallées.

Le limon de la vallée de la Seine et du Rhin renferme des couches de marne, des coquilles; il est appelé *Lœss*.

126. Terreau (*Mould*, angl.; *Dammerde*, all.).—Limon brunâtre ou noirâtre mêlé de détritus végétaux (arbrisseaux, herbes), contenant de l'Ulmine, des matières salines, etc.

Un terreau noir, formé de sable argileux et d'environ 7 °/₀ de matières organiques, d'une fécondité remarquable, occupe plus de 80 millions d'hectares entre le pied des Carpathes et l'Oural. D'après d'Archiac, il semble recouvrir sur sa limite le dépôt des blocs erratiques jusqu'à une certaine distance. Au microscope, l'on y a reconnu des Diatomacées.

CHAPITRE XVI

ROCHES QUARTZEUSES

127. Quartz massif. — Masses plus ou moins fissurées, d'un blanc laiteux ou grisâtre, à cassure inégale, à éclat gras, assez vif, en filons qui traversent les tertains sédimentaires, en veines qui sillonnent dans tous les sens la partie inférieure des terrains de transition.

128. Quartz tourmalinifère (*Hyalotourmalite* de M. Dau-

brée). — Agrégat grenu, ou schisteux, de grains de Quartz, d'un blanc grisâtre, et de grains de Tourmaline noire, ou d'un vert foncé. Ces roches se relient aux Granites et aux Pegmatites.

129. **Topazosème** (*Topasfels*). — Agrégat bréchoïde de cristaux de **Topaze**, d'un jaune de paille, de **Tourmaline** noire, et de **Quartz** hyalin, avec cavités remplies de lithomarge jaune.

Minéraux accidentels : *Apatite*, *Cassitérite*.

130. **Quartzites**. — Roche de **Quartz**.

Éléments accessoires : **Mica**, **Talc**, **Feldspath**.

Variétés. *Quartzite granulaire*. Grains de Quartz gris, à structure cristalline, agrégés sans ciment. Dans les cavités de la roche, l'on aperçoit des cristaux de Quartz assez nets. Quelquefois les grains deviennent très petits (*Quartzite compact*). Ces roches ressemblent à des grès. Elles prennent l'aspect *porphyroïde*, lorsqu'elles contiennent des cristaux distincts de Feldspath, ou plus rarement de Quartz.

Quartzites élastiques. Les grains sont alignés comme en files séparées par des lamelles de Mica; la roche prend une texture bacillaire, en même temps que lâche; elle jouit d'une élasticité remarquable (Grès flexible du Brésil).

Quartzites schisteux. La schistosité provient des lamelles de Talc ou de Mica répandues dans leur masse, suivant des directions planes, parallèlement auxquelles la roche se divise facilement.

A cette variété se rapportent les *Itacolumites*.

Les *Quartzites* sont répandus principalement au milieu des *Micaschistes*. On les retrouve encore très abondants au milieu des terrains de transition.

Les montagnes qu'ils forment ont souvent la forme de dômes ou de murailles ; on les voit se dresser d'une manière très pittoresque au milieu des débris des roches qui les enveloppaient, mais que les actions de l'atmosphère ont pu faire tomber en ruines avant eux.

Ils sont souvent divisés en prismes à quatre pans rectangulaires ou obliques par des fissures transversales.

Variétés qui se rattachent au Quartz hyalin par leur composition et leurs propriétés chimiques.

131. **Phtanites** (*Schistes siliceux*). — Sorte de Jaspe noir, composé de Quartz compact, mêlé d'argile, de carbone et de sesquioxyde de fer. Les couleurs dominantes de ces matières sont le noir, le brun, le verdâtre, qui s'associent suivant les dispositions les plus variées. Souvent les Phtanites ressemblent au Pétrosilex ; mais ils sont infusibles. La proportion de silice y atteint 96 %, ou bien elle descend au-dessous de 75 % (passage à l'Argilite).

Cette roche présente souvent des feuillets d'une très faible épaisseur ; elle abonde dans les terrains de transition, surtout au voisinage des mélaphyres (Bohême, forêt de Thuringe, etc.) ; dans le carbonifère (Belgique) ; elle se rencontre aussi dans les terrains secondaires.

132. **Geysérite** (*Kieselsinter*, *Kieseltuff*.) — Plus ou moins compact, souvent friable, en forme de stalactites, d'incrustations, de concrétions disposées par zones, en choux-fleurs, etc. Couleur variant du blanc de neige au grisâtre, au jaunâtre, au bleuâtre, au rougeâtre ; texture souvent vacuolaire.

133. **Gaise.** — Ce nom, employé dans l'Argonne, peut être réservé à la Silice hydratée terreuse, sans forme organisée.

134. **Silice farineuse.** — Farine de montagne (*Kieselguhr*, *Kieselmehl*).

L'on appelle Farine de montagne une poussière impalpable de silice, dont chaque grain est une carapace d'infusoire, d'après les observations d'Ehrenberg.

A cette variété se rattache la *Randanite*, des environs de Randan (Puy-de-Dôme).



Fig. 199. — Tripoli vu au microscope.

Tripoli (*Tripel*, all.; *Polishing-slate*, angl.). — C'est une roche éminemment schisteuse, à facies terreux, dont les feuillets très minces résultent de la juxtaposition de grains microscopiques de la variété précédente (fig. 199). On l'appelle aussi *Diatomeenpelit*.

135. **Grès** (*Sandstein*, all.; *Gritstone*, angl.). — Roches composées de grains irréguliers, agglutinés par un ciment de nature semblable ou étrangère à la leur. L'on appelle ordinairement Grès du Quartz en sable, mêlé quelquefois de fragments de **Feldspath**, souvent de lamelles de **Mica**, consolidé par un ciment de silice, de calcaire, d'argile, seuls ou mélangés. Le sable a été déposé à l'état de sables ou de graviers incohérents, et agglutiné après son dépôt.

Grès quartzeux (*Sandstein, Sandstone*).—Les grains de Quartz y sont généralement limpides, ou d'un blanc grisâtre, et l'emportent de beaucoup en quantité sur le ciment. La surface des granules quartzeux est presque toujours irrégulière; sur les grains de certains sables on a observé des facettes cristallines. Cela doit être d'autant plus rare que le Quartz des roches a le plus ordinairement la forme de grains vitreux, à surface extérieure, sans configuration régulière apparente. Le facies du grès manifeste souvent la grosseur de son grain et la nature de son ciment.

Le *Grès siliceux* offre une cassure esquilleuse ou plus ou moins conchoïdale ; il est souvent translucide. Il est d'un blanc grisâtre, ou coloré par des matières étrangères. Son ciment, de nature siliceuse, peu abondant, lui donne néanmoins une grande cohérence, une grande dureté (Grès quartzeux cohérent), souvent un éclat luisant particulier.

Dans les *Grès calcarifères*, le ciment est du calcaire plus ou moins mêlé de Mica, de Glauconie. Il est friable. L'acide chlorhydrique dissout le ciment avec effervescence, et le grès se désagrège. Ex. grès cristallisés de Fontainebleau, grès botryoïde d'Etampes. Si le ciment est *marneux*, l'acide laisse un résidu d'argile mêlé ordinairement de sable. Au calcaire peut être combiné du carbonate de magnésie (*Grès dolomitique*). Ce grès souvent schisteux entre dans la masse des grès bigarrés, de ceux du lias. Il est d'un gris jaunâtre, souvent tacheté de noir.

Grès argileux. Le ciment est argileux, jaune, verdâtre, rougeâtre, plus ou moins ferrifère. (Ex. le *Grès rouge* à ciment argilo-ferrugineux, à grain grossier;

le *Quadersandstein* de la Suisse saxonne, etc., à masse décomposée en blocs de forme cubique; le *vieux Grès rouge* d'Angleterre; un certain nombre des bancs de l'étage des *Grès bigarrés;* le *Grès vosgien*, dont les grains de **Quartz** incolores ou translucides, à surfaces miroitantes, souvent assez gros, mêlés de quelques grains de **Feldspath**, d'un blanc mat, sont agglutinés d'une pâte rouge, violâtre, ou quelquefois d'un jaune d'ocre, et de nature ferrugineuse; les *Grès ferrugineux*, du vieux et du nouveau grès rouge, du Keuper, du terrain crétacé, etc.

Les *Grès glauconieux* doivent cette qualification aux grains de Glauconie qu'ils renferment, et qui les colorent en vert, ou en brun, lorsque le fer qu'ils renferment à l'état de protoxyde a été lui-même altéré. Ils sont assez fréquents dans le dévonien de la Russie, dans le *Tourtia* du nord de la France, et en général dans le crétacé du bassin anglo-parisien, dans les sables inférieurs au calcaire grossier, dans le miocène de la Suisse.

Certains grès quartzeux, noirs, et faciles à décorer par la chaleur, renferment aussi dans leur ciment une plus ou moins grande quantité de bitume (*Grès bitumineux*).

Dans quelques grès du terrain silurien, le sable quartzeux est mêlé de débris de Phyllades, ainsi que le calcaire qui forme le ciment (G. Phylladifères).

136. **Grès Arkose.** — Grès à grains de **Quartz** ou de **Feldspath**.

Ce grès se rencontre en couches dans le terrain houiller carbonifère de la Bavière rhénane, dans le grès bigarré des Vosges et de la forêt de Thuringe.

De Bonnard (1) avait appliqué le nom d'*Arkose* à toute une formation du lias inférieur de la Bourgogne qui consiste en débris de roches granitiques : **Feldspath**, en cristaux frais et intacts, ou en fragments de cristaux plus ou moins altérés; **Mica**, en lamelles dépourvues d'élasticité, ayant l'aspect talqueux, par suite de leur altération ; enfin, **Quartz** à l'état de grains, en bien plus grande quantité que les deux premiers éléments ; le tout agglutiné, sous la forme d'une masse solide, par un ciment qui est formé souvent de **calcaire** plus ou moins cristallin, souvent aussi d'une pâte **calcédonieuse**, semblable au **silex corné**, quelquefois d'une **argile** ou d'un **kaolin** brunâtre, ou enfin d'un mélange de **silex** et de **barytine** ou de **fluorine** pulvérulentes. La roche est donc, suivant la plus ou moins grande abondance des grains de Quartz et la grosseur des fragments, tantôt un conglomérat, tantôt un grès. C'est le facies du grès qui prédomine ; mais, dans certains cas, l'Arkose a l'apparence d'un porphyre granitoïde (*Mimophyre quartzeux* de Brongniart). Quand elle renferme du Mica, on l'appelle souvent *Granite recomposé*.

Minéraux accessoires : *Fluorine* en cubes; *Barytine* en rognons, à texture radiée ; *Quartz*, *Galène*, *Pyrite*.

137. **Grès Psammite.** — Assemblage de grains de Quartz hyalin, de paillettes de Mica, plus ou moins mêlé de grains de Feldspath, agglutinés mécaniquement par un ciment de nature argileuse, et le plus souvent très schisteux. Le ciment est coloré en jaune,

(1) De Bonnard, *Notice géographique sur quelques parties de la Bourgogne*.

en rouge par des oxydes de fer, en vert, en bleu par des carbonates de cuivre, dans la plupart de ces roches dont la couleur et la nature ont fait donner à l'étage qu'elles composent le nom d'étage du *Bunter Sandtein*, ou des *Grès bigarrés*. Il est coloré en noir par des particules charbonneuses, et il empâte des grains de Quartz, de Feldspath, souvent kaolinisé, en même temps que des morceaux de schiste argileux ou siliceux, dans les *Grès du terrain houiller*.

Cordier appellait *Métaxite* l'arkose à Feldspath kaolinisé.

138. **Grès Macigno.** — Autre variété de grès, à grains de Quartz et de Feldspath, auquel la distribution de ses lamelles nombreuses de Mica sur des plans parallèles donne une texture schistoïde. La marne siliceuse d'un gris verdâtre, quelquefois noirâtre, qui lui sert de ciment, le rend assez solide pour mériter le nom de *Pietra forte*. C'est la roche caractéristique de l'éocène italien.

139. **Mollasse.** — Grès des Alpes, à grains de Quartz, moins riche en Feldspath que le Macigno, et mélangé de calcaire, de Mica, et de grains de Glauconie. Le ciment calcaire ou marneux qui en réunit les éléments lui conserve cette friabilité, exprimée par son nom.

L'on voit combien sont nombreuses les variétés de Grès. Nous n'avons décrit que les plus caractérisées. A chaque étage, dans chaque région, appartiennent en général des Grès dont le Quartz est l'élément commun, mais dont les autres éléments proviennent souvent de roches peu éloignées.

Gisements. Les Grès constituent des montagnes par-

fois importantes, arrondies en dôme, déchirées intérieurement par des crevasses profondes, et souvent leurs blocs apparaissent comme fichés dans le sol, ou suspendus au flanc des collines, après l'ablation des roches friables au milieu desquelles ils ont été agglutinés.

140. **Sables** (*Sand*, angl. et all.). — On appelle ainsi des grains de différentes substances minérales, et plus particulièrement de quartz, qui sont restés isolés, indépendants les uns de autres. Pur, le sable quartzeux a pour densité 2, 6. Les grains ont des contours irréguliers, rarement quelques facettes cristallines.

Le sable est l'élément principal, souvent unique, du sol mouvant des dunes et des déserts ; c'est la matière principale des alluvions déposés par les rivières ; c'est l'un des éléments nécessaires de terres arables ; aussi est-il empoyé à l'ameublissement de celles qui sont trop compactes.

Il est souvent mêlé de Mica, qui en divise les masses en petits lits parallèles ; souvent aussi incrusté ou pénétré d'oxydes de fer (sables ferrugineux). Dans les régions granitiques, mêlé au Feldspath, au Mica, il entoure les granites, il les coiffe comme d'un chapeau sans consistance (*arène*, *sable d'arkose*).

Il peut être mélangé de petits grains de grenats brisés et de grains, d'autres gemmes, ou de fer titané, d'oxyde d'étain, etc.

Lorsqu'il renferme des galets de Quartz, des cailloux de Silex, on l'appelle *Gravier*.

141. **Brêche de Quartz.** — Quartz en fragments plus ou moins anguleux solidement réunis par un ciment siliceux souvent ferrifère. C'est le terrain silurien qui

en présente le plus grand nombre d'exemples. L'on en connaît aussi dans le carbonifère.

Brèche de Jaspe, de Silex. — Fragments de jaspe, ou de silex, soudés de la même façon.

142. **Poudingue** (*Pudding stone*, angl.; *Puddingstein*, all.). — Conglomérat de galets de Quartz, de fragments arrondis ou de Silex jaunes, bruns, noirs, soudés par un ciment siliceux.

Poudingue quartzeuz, à galets de Quartz en masse cristalline.

Poudingue siliceux, à galets de Silex.

Poudingues ou Conglomérats et *Grès polygéniques*. La formation du nouveau grès rouge montre en Thuringe, en Saxe, en Silésie, ces deux sortes de roches. Les conglomérats y consistent en blocs répandus pêle-mêle dans un ciment plus fin, qui les soude ensemble. Les fragments qui les composent proviennent des roches les plus diverses: Granite, Gneiss, Micaschistes, Porphyre, Schistes argileux, Quartz, etc.; ils varient suivant la nature des terrains les plus proches. Çà et là leur volume diminue; il ne dépasse plus celui d'une noisette, et la roche passe à un grès où prédomine l'élément quartzeux.

Plusieurs conglomérats du carbonifère des Alpes sont aussi polygéniques.

Au nombre des Grès polygéniques se place :

143. La **Grauwacke** des Allemands, abondante sur les bords du Rhin. Dans la Grauwacke, le ciment, d'un gris de fumée, rougeâtre, brun, paraît être un schiste argileux, imprégné de silice et mêlé de particules anthraciteuses; il empâte des grains de Quartz, de Feldspath, et ordinairement des morceaux de schiste argi-

leux ou de Phtanite, schiste siliceux. Des paillettes de Mica la rendent souvent schisteuse.

Cordier appelait :

144. **Anagénites**, les Grès de ce genre où domine l'élément phylladien, soit parmi les débris, soit parmi le ciment (env. de Servoz, Savoie ; col de Parme, en Valorsine, etc.); **Traumates**, ceux où domine le schiste argileux (env. de Fumay, Ardennes, etc.).

145. L'on range encore parmi ces roches le **Nagelfluhe**, qui joue un si grand rôle dans les Alpes, où il forme le Rigi. Il est formé de débris provenant des calcaires jurassiques et de grès, de schistes argileux ou siliceux, de roches cristallines, de quartz et d'un ciment peu abondant, siliceux et calcaire. Ses galets arrondis et durs font saillie à sa surface comme des têtes d'épingle : c'est ce que rappelle le terme de Nagelfluhe.

146. **Pséphite.** — Nom donné à un conglomérat de porphyres plus ou moins altérés, de granites, de roches schisteuses, cimentés par une matière argileuse, qui provient sans doute de la décomposition de leur Feldspath. Cette roche se rencontre en dépôts souvent alternes avec les nappes de Mélaphyre (terrain houiller ; grès rouge, à la base du permien). Elle renferme ordinairement des galets arrondis de quartz, et des fragments des roches voisines.

Grès à base de Mélaphyre. Ce sont des conglomérats de Mélaphyre, à grains fins, et mêlés à de grandes proportions de sable quartzeux.

Ces grès devenant schisteux passent à la Grauwacke.

DEUXIÈME PARTIE

ROCHES PIERREUSES SANS SILICE

CHAPITRE PREMIER

ROCHES CARBONATÉES

147. **Calcaire**, *Spath d'Islande*, *Marbres calcaires ou ordinaires*; *Marbres statuaires*; *Pierre lithographique*; *Travertin*; *Craie*; *Pierre à chaux*. (*Lime-stone*, angl.; *Kalkstein*, all.)

Carbonate de chaux (56 de chaux, 44 d'acide carbonique) rhomboédrique. Ses masses cristallines offrent trois clivages égaux, qui se coupent dans un angle obtus de 105°5′ (fig. 200).

Formes dominantes : en nombre considérable, composées de plusieurs rhomboèdres aigus, de quelques rhomboèdres obtus, des deux prismes hexagonaux (direct et inverse); de scalénoèdres.

La densité du calcaire cristallisé (Spath calcaire) est de 2,72; celle des variétés compactes ou terreuses est généralement un peu plus faible; la dureté est de 3;

il est donc facile de le rayer avec un couteau, même avec une épingle, au moins dans certaines directions. Au chalumeau, il se transforme en chaux caustique, et la flamme acquiert un vif éclat. Il fait effervescence avec les acides, et la solution précipite par l'oxalate d'ammoniaque et colore la flamme de l'esprit-de-vin en rouge; cette coloration devient d'un gris verdâtre lorsqu'on la regarde au travers d'un verre coloré en bleu par du cobalt. Lorsque l'on traite le calcaire par un acide, l'on voit d'ordinaire en suspension dans la liqueur un résidu de sable ou d'argile.

Variétés importantes par leur rôle en géologie :

148. **Calcaire cristallin.** — Agrégats cristallins de grains solidaires les uns des autres, souvent formés de plusieurs petits cristaux groupés. L'on y distingue :

Fig. 200. — Calcaire en rhomboèdres primitifs *p*.

C. lamellaires, à grains assez larges pour que la cassure y produise des facettes de clivage très distinctes (marbres des Pyrénées, de Paros). Souvent riches en minéraux accidentels, ils forment des amas subordonnés aux Micaschistes.

C. saccharoïdes, à grains plus petits, semblables à des morceaux de sucre (*marbres statuaires*); exemples : ceux du Pentélique, à zones verdâtres, opalines, dont les Grecs ont construit le Parthénon, les Propylées; les marbres translucides des colonnes et des autels de Venise, d'origine inconnue; de Luni, côtes de Tos-

cane, d'un blanc éclatant, à grains finement serrés; ceux de Carrare, parmi lesquels on trouve, outre le marbre blanc, le *bleu antique*, le *bleu turquin*, d'un gris bleuâtre, avec zones blanchâtres, coloré par un peu de bitume; ceux de Saint-Béat (Haute-Garonne).

Souvent ces calcaires sont mêlés de diverses subs tances cristallisées, par exemple de **Mica**, dont les couleurs vives miroitent agréablement dans le marbre appelé *cipolin;* de **Talc**, dont les effets analogues produisent aussi des Cipolins, d'un éclat un peu gras, parmi lesquels nous citerons ceux de Serravezza, Toscane, tantôt rubanés, tantôt bréchoïdes (fausses brèches), à cause des dessins capricieux de la matière talqueuse; de **Serpentine**, dont les nuances et les dispositions variées font rechercher le *vert antique,* le *vert de Florence* (*Ophicalce* de Brongniart); de grains cristallisés de **Grenat**, d'**Idocrase**, de **Pyroxène**, de **Saphir**. d'**Apatite**, de **Spinelle**, de **Pargasite**, d'**Albite** (Pyrénées et col du Bonhomme); de **Pyrite**, de **Magnétite**, etc., qui donnent à ces variétés un facies porphyroïde.

Ces calcaires sont subordonnés, en général, aux schistes cristallins, surtout aux Micaschistes; l'on en retrouve dans les terrains jurassiques, que les géologues modernes regardent comme des calcaires métamorphisés par des roches éruptives voisines (exemple, les calcaires cristallins qui se trouvent au contact des Diorites à Saint-Béat (Hautes-Pyrénées).

Comme variétés, on peut indiquer :

Calcaires magnésiens, avec fer et manganèse. — *Spaths perlés*, brunissant au feu et même à l'air.

C. cristallin sédimentaire. — En petits amas au mi-

lieu de couches sédimentaires. (Exemple : Calcaire grenu, mêlé de cristaux de quartz, en lits peu consistants dans les caillasses des environs de Paris, etc.

C. fibreux. — En petits lits dans les mêmes couches, par exemple à Nanterre. La structure fibreuse se montre habituellement dans les stalactites ou les stalagmites calcaires des grottes, et dans toutes ces variétés concrétionnées que l'on connaît sous les noms d'*Albâtre oriental* ou *égyptien*, lorsqu'elles sont bien translucides et incolores, ou de *Marbres onyx*, lorsque leurs fibres droites ou sinueuses, d'un jaune de miel ou verdâtres, diffèrent les unes des autres par la nuance, la teinte ou le degré de translucidité. Les variétés à fibres circulaires et concentriques ont seules des nuances disposées comme le sont celles des agates onyx ; elles proviennent toutes des stalactites. Depuis quelques années, on travaille dans le commerce les albâtres d'un vert pomme de Tecali (Mexique).

Les calcaires cristallins colorés le sont, tantôt en rouge par le peroxyde de fer, en brun, en jaune par des carbonates de fer et de maganèse altérés, par de l'hydroxyde de fer, en vert par de la malachite, en noir intense par des matières charbonneuses (*Anthraconite*), etc.

149. **Calcaire compact**, à grains si ténus qu'on ne les discerne qu'à l'aide de très forts grossissements. Pur, il a une cassure assez plate et terne, quelquefois terreuse ; il est un peu poreux. A peine jaunâtre, il est recherché comme *pierre lithographique*. Sans autre mélange que de très petites quantités de matières colorantes, il comprend les marbres simples ou unis, le

jaune antique ou *jaune de Sienne*, coloré par un peu d'hydrate de fer; les marbres noirs, colorés par des matières anthraciteuses, et ceux à plusieurs couleurs :

Le *marbre Sainte-Anne*, noirâtre ou d'un gris bleu foncé coloré par l'anthracite, avec veines blanches, disséminées dans tous les sens; le *grand antique*, des environs de Saint-Lizier (Ariège), à fragments angulaires, noirs, réunis par des veines blanches; le *petit granite*, *granite des Écaussines*, d'un noir assez pur, coloré par du bitume, où brillent des débris plus clairs d'Encrine à cassure spathique, et que l'on extrait du calcaire carbonifère de Belgique, comme le marbre Sainte-Anne; le *portor*, à fond d'un beau noir, rehaussé de veines d'un jaune doré; le *marbre du Languedoc*, écarlate, à grandes flammes blanches, souvent grisâtres, produites par des polypiers dévoniens; le *vert d'Ariége*, à Seix; le *Sarrancolin*, isabelle et rouge, de la vallée d'Aure (Hautes-Pyrénées); le *petit antique*, blanc et noir, d'Héchettes (Hautes-Pyrénées).

150. **Calcaire argileux,** ou mélangé d'argile, qui peut y atteindre 25 à 30 %, limite à laquelle il devient *fortement hydraulique*. L'hydraulicité diminue avec la proportion d'argile. Lorsque l'argile y dépasse 30 %, le calcaire prend le nom de marne. L'*Albérèze*, *calcaire argilitique*, est un mélange de calcaire et d'argilite (argile endurcie). Exemple, le calcaire ou *marbre ruiniforme* de Florence.

Les roches phylladiennes peuvent aussi se trouver associées au calcaire, soit en particules disséminées, soit en feuillets qui donnent à l'ensemble une texture

schisteuse (exemple, le *marbre griotte*, des carrières de Caunes, près Carcassonne), à fond d'un rouge brun, rappelant les cerises griottes, et parsemé de taches blanches, ou d'un rouge de sang, dans lequel on reconnaît des Clymenia; les *marbres campans*, à texture schistoïde, composés de phyllade vert ou brun, enveloppant des veines ou des bandes irrégulièrement épaisses et ondulées de calcaire blanc ou rosé, provenant de la vallée de Campan (Hautes-Pyrénées); le marbre *cervelas*, ainsi nommé à cause du mélange de ses couleurs blanchâtres et rouges; peut-être aussi le *rouge antique*.

La matière argileuse mêlée au calcaire peut appartenir aux schistes argileux (Calc. de Bagnères de Bigorre, etc.).

151. **Calcaire siliceux.** — Il renferme quelquefois jusqu'à 48 % de silice; il a souvent la cassure conchoïdale. Il caractérise aux environs de Paris les calcaires dits de Saint-Ouen.

Dans sa variété *sableuse*, le calcaire renferme la silice à l'état de sable quartzeux grossier. Quelquefois il en enveloppe de telles quantités sous une de ses formes cristallines les plus régulières, celle du rhomboèdre inverse, que l'on avait cru d'abord à la cristallisation du grès, comme le rappelle son nom de *grès cristallisé de Fontainebleau.*

152. **Calcaire bitumineux.** — Calcaire mêlé de bitume.

153. Le **Calcaire glauconieux** est un calcaire ordinairement argileux ou quartzeux, assez riche en globules de glauconite, d'un vert noirâtre ou jaunâtre.

Il en existe des bancs plus ou moins épais dans des

étages géologiques très différents : nummulitique des Alpes, des environs de Saint-Sever (Landes); partie inférieure du calcaire grossier ou de la craie des environs de Paris; silurien de la Russie, etc.

154. **Calcaire ferrifère,** jaune d'ocre ou brunâtre, souvent poreux ou caverneux, mais à texture compacte, assez répandu dans les terrains de transition, ou dans le Jurassique. Souvent l'hydrate de fer y entre sous sa forme oolithique (premières assises de l'oolithe inférieure).

155. **Travertins.** — Calcaires compactes, d'un banc grisâtre, légers, solides, prenant bien le mortier, à cause des cavités dont ils sont souvent criblés. L'on peut regarder ces cavités comme produites par le dégagement de l'acide carbonique devenu libre, en même temps que le calcaire se déposait dans les eaux qui l'avaient apporté à l'état de bicarbonate. Le type de cette roche est le Travertin célèbre si répandu en Italie, soit autour de Tivoli, soit dans les Abruzzes et en Toscane, dans la vallée de l'Elsa, où il alterne avec des tufs.

156. **Tufs calcaires.** — Roches de même nature, mais plus légères, à cavités plus grandes, dont les parois, souvent comme écailleuses ou feuilletées, se sont moulées sur des tiges de plantes disparues. Les sources anciennes amènent encore aux bains de San Felippo des eaux qui incrustent de calcaire les objets sur lesquelles on les dirige (*Calcaires incrustants*). Elles ont produit, d'après M. Lyell, une couche de Travertin dur, de 2 kilomètres de long sur une épaisseur qui atteint quelquefois 75 mètres. En quatre mois de temps, elles déposent une couche de 30 centimètres

d'épaisseur. Leur structure a souvent beaucoup d'analogie avec l'une ou l'autre des suivantes :

157. **C. globulaires.** — Calcaires, quelquefois argileux ou siliceux, renfermant des globules.

Pisolithes. — Concrétions souvent isolées, qui sont quelquefois parfaitement sphériques (à Carlsbad, Bohême), et qui se produisent autour d'un point matériel, organique ou minéral, que des eaux agitées ballottent à mesure qu'elles en augmentent la masse par leurs dépôts successifs, en forme en membranes minces, concentriques. Souvent les Pisolithes sont reliés ensemble par un ciment de calcaire plus ou moins argileux (fig. 201). Quelquefois leurs bords vagues se fondent les uns dans les autres ; souvent l'on y distingue les zones d'accroissement ; mais ils sont surtout reconnaissables dans les pâtes colorées autrement qu'eux. Certaines *Brocatelles* appartiennent à cette variété.

C. tuberculaire. — Concrétions en longs et volumineux cylindres déposés autour de tiges de plantes.

Oolithes. — D'une structure analogue à celle des Pisolithes, leurs grains ne sont pas plus gros que des grains de millet. Quelquefois ils sont accollés immédiatement les uns aux autres, en masses de peu de consistance (Oolithes de la Sarthe). Ou bien le ciment qui les empâte est au contraire très abondant, soit terreux, soit cristallin ; dans un C. oolithique de l'Illinois, de la collection du Muséum d'histoire naturelle, c'est un mélange calcaire à clivages rhomboédriques, et de petits cristaux de quartz en prismes hexagonaux bipyramidés : les grains oolithiques y ont l'aspect terreux. Ces calcaires sont très fréquents dans

les différents étages du terrain jurassique; mais ils se retrouvent dans d'autres terrains.

158. **C. stalactitiques.** — Ordinairement l'on y discerne les différentes enveloppes formées successivement par



Fig. 201. — Calcaire pisolithique.

les eaux qui suintent des parois des grottes. Les stalactites ressemblent à des cônes renversés ; souvent elles sont composées de fibres cristallines qui rayonnent autour de l'axe commun; parfois le cône s'aplatit dans une direction. Les stalagmites sont le reste du

calcaire que l'eau tenait en suspension, et qu'elle a laissé sur le sol de la grotte en s'évaporant.

L'on peut rappeler ici les dénominations de **C. d'eau douce, C. lacustres**, qui méritent d'être mentionnés à cause de leur fréquent emploi. Ces roches ont beaucoup d'analogie avec les Travertins ; elles offrent souvent de nombreuses cavités. Ex. : C. de Château-Landon, très compact, très résistant, à cavités ordinairement remplies de calcaire spathique ; C. d'Agen, cellulaire et bitumeux. Quelquefois elles sont marneuses ou siliceuses, mais toujours caractérisées par leurs coquilles fluviales ou lacustres.

159. **C. coquilliers.** — Ils comprennent toutes ces couches puissantes disséminées dans les divers terrains sédimentaires, qui consistent surtout en débris de coquilles, agglutinés par un ciment. Ex. : le calcaire à encrines, à cassure spathique et brillante du corallien d'Euville, près Commercy (Meuse).

160. **C. grossier.** — Le ciment est formé de calcaire sableux ; la roche est souvent assez consistante. Dans celui des environs de Paris, l'on peut signaler la pierre de *Liais*, le *Cliquart*, sonores, durs, d'un grain égal et fin, avec lesquels on fait des pierres d'escalier, des colonnes ; la *Lambourde*, friable et plus tendre, qui a tant fourni de moellons aux constructions parisiennes.

161. **C. lumachelle**, mot employé dans les arts pour désigner les roches dont les coquilles et le ciment qui les réunit ont des nuances ou des teintes différentes. Ex. : la *Lumachelle* d'Astrakhan, formée de calcaire ferrifère, à fond brun, sur lequel ressortent agréablement des coquilles ou des fragments de coquilles d'un jaune vif.

162. **Faluns**, nom donné à un calcaire sableux, très friable et très riche en débris de coquilles, exploité pour l'amendement des terres. L'on appelle C. nummulitique, C. à miliolithes, C. madréporique, C. encrinitique, C. à Cypris, à Oursins, à Mélonies, des calcaires qui sont composés quelquefois presque exclusivement de ces coquilles. Des conglomérats coquilliers se forment encore actuellement.

163. **Calcaires terreux**, *Craie blanche*, *Blanc d'Espagne*, *Blanc de Meudon* (*Chalkmark*, angl; *Kreide*, all.). — Matière d'une blancheur parfaite, friable, traçante (*crayon blanc*), à cassure terreuse et mate. Ehrenberg a démontré par des observations microscopiques qu'elle est composée de calcaire cristallin, et surtout de petites carapaces de foraminifères. Elle contient des lits de silex noirs en nodules irréguliers. Elle se colore en certaines contrées en grisâtre, en bleuâtre. Dans sa partie inférieure, elle devient *marneuse*, ou bien elle renferme des grains verdâtres de glauconie (*craie glauconieuse*).

164. **Craie tufau.** — Elle est sableuse et micacée, jaunâtre ou verdâtre. Elle a quelquefois assez de résistance pour être employée dans les constructions.

165. **Brèches calcaires.** — Les galets roulés, les fragments anguleux de calcaire, agglutinés en masses par un ciment, constituent des *Poudingues*, des *Brèches scalcaires*. Ex. : le *Marbre poudingue* d'Espagne, à ciment d'un rouge foncé, qui englobe un grand nombre de petits galets rouges, jaunes et noirs; la *Brèche d'Alet*, Bouches-du-Rhône, à fragments violets et jaunes, et les Brèches des Pyrénées et de l'Italie, à couleurs riches et variées. L'on appelle *Brocatelle d'Espagne*,

Marbre brocart, une brèche d'un rouge vineux, à petits fragments jaunes ou violets, qui renferme aussi des débris de coquilles jaunâtres ou gris. Enfin, l'on pourrait mentionner encore la *Brèche de Numidie*, d'un rouge de feu splendide.

166. **Aragonite.** — Ce carbonate de chaux se distingue du calcaire par sa forme cristalline primitive, qui est un prisme droit à base rhombe de 116° 16' par sa densité plus grande, qui atteint 2,93, par la manière dont elle se disperse en petits éclats, quand on en porte un fragment à une température peu élevée.

167. **Marne** (*Marl*, angl.; *Mergel*, all.)—Mélange intime et homogène d'argile et de calcaire en masse, ou en lits superposés. Tendre, friable, à odeur argileuse, happant à la langue et fusible au chalumeau, comme l'argile; elle fait effervescence avec les acides, comme le calcaire. La solution est précipitée par l'oxalate d'ammoniaque, après avoir été débarrassée de l'alumine et du fer par l'ammoniaque. Elle se délaie dans l'eau. Sous l'action de l'humidité, elle se désagrège peu à peu, et finit par tomber en miettes, ce qui la rend propre à l'amendement des terres. Densité : environ 2,65. Les deux éléments essentiels s'y trouvent associés suivant des proportions très variables; ils sont mélangés eux-mêmes de quantités plus ou moins grandes de matières diverses ; aussi les marnes présentent-elles des propriétés très variées. Elles sont, comme les argiles, colorées en bleu verdâtre par le protoxyde de fer, en jaune et en rouge par les sesquioxydes avec ou sans eau; en noir par des matières charbonneuses. Lorsqu'elles renferment du carbonate de magnésie combiné au calcaire

(marnes dolomitiques), elles absorbent l'eau avec avidité. L'on comprend facilement les dénominations suivantes : M. *à excès de calcaire* (propre à l'amendement des sols argileux); M. *à excès d'argile* (plus favorable aux sols sablonneux); M. *sableuse* (avec sable passant au lœss); M. *micacée* (avec mica); M. *charbonneuse*; M. *glauconieuse* (avec grains de glauconie); M. *gypseuse*; M. *salifère* (marnes avec gypse et particules de sel gemme, souvent intimement mélangées).

M. oolithique. L'on appelle ainsi une sorte de grès calcaire formé de grains de calcaire oolithique agglutinés par un ciment argileux.

M. schisteuse, souvent en lits d'une minceur excessive. Les Marnes se rencontrent dans tous les terrains de sédiment.

167 *bis*. L'on appelle **Marnolithe** (*marl-stone*, angl.) un mélange d'argile et de marne qui semble endurci par un ciment siliceux. Elle ne fait pas pâte avec l'eau; mais elle a les autres caractères de la Marne proprement dite.

168. **Giobertite.**—Carbonate de magnésie : $MgO\ CO^2$. Isomorphe du calcaire. Forme de clivage : un rhomboèdre de 107°25'. Ordinairement ce carbonate n'offre des masses importantes qu'à l'état terreux. (Ex. : le carbonate de magnésie blanc, terreux, semblable à de la craie, de Baldissero, Piémont.)

Il est très lentement soluble, même à chaud et en poudre, dans l'acide chlorhydrique, ce qui permet de le débarrasser facilement, par l'ammoniaque, du fer ou du manganèse, dont il contient quelquefois de petites quantités; la magnésie y devient alors facile à reconnaître; car, au chalumeau, il est coloré en rose par

l'azotate de cobalt ; ou bien on le dissout, une fois porphyrisé, dans l'acide sulfurique concentré bouillant ; on le traite par l'ammoniaque, puis par le phosphate de soude, où il donne un précipité cristallin.

Les hydrocarbonates de magnésie, blancs, terreux, donnent de l'eau dans le tube bouché et, comme le précédent, les réactions de la magnésie.

169. **Dolomie proprement dite** : 1/2 CaO, 1/2 MgO CO^2. (*Dolomit*, all.). — Carbonate double de chaux et de magnésie, en proportions égales, isomorphe du calcaire. Elle se clive en rhomboèdres de 16° 15'. Densité 2,9 ; dureté 3,51 quand elle est pure. Éclat nacré. Couleur : blanche, grisâtre ou jaunâtre.

La Dolomie se dissout dans l'acide azotique, mais lentement et sans effervescence apparente ; pulvérisée, elle se dissout rapidement, lorsqu'on la chauffe. La dissolution traitée par l'acide sulfurique, puis par l'acool, et dépouillée par filtration du sulfate de chaux, dépose par évaporation des cristaux de sulfate de magnésie ou donne un précipité blanc cristallin comme la Giobertite, avec le phosphate de soude ammoniacal.

D. grenue. — Souvent d'un blanc de neige, elle ressemble au calcaire saccharoïde ; mais elle est un peu plus dure, plus lourde, et surtout elle ne se dissout qu'à chaud avec effervescence. Elle est souvent imprégnée d'argile ferrugineuse. Les grains cristallins, plus indépendants les uns des autres que dans les calcaires, laissent à la masse une certaine flexibilité. Elle est quelquefois micacée (val Bedretto, au Saint-Gothard).

Elle renferme accidentellement un grand nombre de

minéraux : Mica, Talc ; Corindon ; Quartz ; Amphibole ; Spinelle ; Graphite ; Réalgar, Pyrite, Blende, Cuivre gris, Jordanite, Dufrénoysite, Magnésite, etc.

D. schistoïde, feuilletée. — Ex. : les Dolomies de Salins, dans le Jura. Ces Dolomies se rencontrent, soit subordonnées aux Micaschistes, soit dans les terrains primaires des Alpes et des Pyrénées ; ou bien dans les marnes irisées, en couches alternes avec le sel gemme ou le gypse ; dans le Jurassique de la France méridionale (Hérault, Lot, Provence, etc.).

D. oolithique, assez fréquente dans le permien de l'Angleterre.

D. compacte, à cassure plus ou moins conchoïdale, ressemble au calcaire du même nom, et s'en distingue facilement (voy. Dolomie grenue).

D. sableuse, ou mêlée de sable quartzeux ; *D. argileuse*, contenant de l'argile.

Sable de Dolomie. Dolomie à grains isolés.

170. **Dolomies calcarifères** ; *Calcaires magnésiens*. — Roches composées de Dolomie et de calcaire intimement mélangés en proportions peu constantes.

Variétés principales : D. Rauwacke ou Rauhkalk ; c'est un calcaire riche en magnésie, dur et compact, d'un gris tacheté de noir, caractérisé par ses cavités de grandeur et de forme variables. Souvent il est formé de petites masses globuleuses (D. botryoïde). Il caractérise le Zechstein du Mansfeld et de la Thuringe, dont les autres roches sont : le Calcaire *Stinkstein*, *Stinkkalk*, compact ou cristallin, verdâtre ou noirâtre, bitumineux, exhalant une odeur fétide, quand on le casse, et le Calcaire magnésien friable, cristallin, arénoïde, ou même pulvérulent, appelé *Asche*. Le cal-

caire magnésien arénoïde et le bitumineux se retrouvent dans d'autres terrains plus récents de la Savoie et du Tyrol.

Cargneule, nom donné dans les Alpes aux brèches formées de fragments anguleux de Dolomie ou de calcaire magnésien.

171. **Smithsonite.** — Carbonate de zinc : $ZnOCO^2$. Il cristallise en rhomboèdres de 107°40', en scalénoèdres analogues à ceux du calcaire; il est variable suivant les faces du rhomboèdre de 107°40'. Il se présente souvent en concrétions quelquefois colorées en vert pur de carbonate de cuivre ; il est soluble avec effervescence, un peu plus lentement que le calcaire. Au chalumeau sur le charbon il se réduit; mais le métal volatil s'oxyde immédiatement et retombe sur le charbon en y formant une auréole jaune à chaud, blanche à froid, qui devient verte quand on la chauffe de nouveau après y avoir laissé tomber deux ou trois gouttes d'une dissolution étendue d'azotate de cobalt. La dureté en est de 5; la densité varie de 4 à 4,4. C'est un excellent minerai de zinc. Le plus riche gisement actuel est celui du Lawrium (Attique). La Smithsonite s'y présente en poches qui ont l'aspect d'entonnoirs dont la pointe est en bas, dans des calcaires qui alternent avec des schistes; elle y est associée à la galène argentifère que les Athéniens ont exploitée avec succès au temps de Périclès; mais les anciens ne connaissant pas les moyens d'extraire le Zinc de ses minerais, avaient abandonné d'énormes masses de Smithsonite, qu'ils regardaient comme stériles et qu'on traite aujourd'hui avec avantage.

172. **Cérus**; Carbonate de plomb : $PbOCO^2$. — C'est

encore un minerai d'où il est facile d'extraire le plomb. Au chalumeau, il ne faut pas souffler longtemps pour dégager le plomb de la céruse sur le charbon. Il est vrai que ce minerai n'est pas abondant ; mais, si le métal n'a pas une très grande valeur à cause de la diffusion des filons, ceux-ci contiennent d'ordinaire quelques millièmes d'argent. La Céruse cristallise en prismes orthorhombiques d'un angle voisin de celui de l'Aragonite ; comme l'Aragonite, elle se présente souvent mêlée ; elle est soluble aussi avec effervescence et à froid dans les acides.

173. **Sidérose** ; Carbonate de fer (voy. à Minerais de fer, p. 209).

174. **Natron** ; Carbonate de soude hydraté : Na^2OCO^2, $10H^2O$.

Forme : celle d'un prisme unioblique de 76°28' (fig. 202).

Densité, 1,423. Incolore quand il est pur.

Éclat vitreux, généralement terne.

Il fait effervescence avec les acides ; il est soluble dans l'eau ; il colore la flamme en jaune ; il donne de l'eau dans le tube fermé.

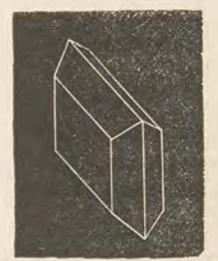


Fig. 202. — Natron.

175. **Trona** ; autre Carbonate de soude hydraté, $2Na^2O$, $3CO^2$, $4H^2O$. — Mêmes caractères chimiques que le précédent.

CHAPITRE II

ROCHES BORATÉES

176. **Borax**; *Tinkal.* — Borate de soude hydraté Na^2O $2Bo^2O^3$, $10H^2O$, qu'on peut écrire : $Bo^4 Na^2 O^7 10H^2 O$.

Formes : à peu près identiques à celles du Pyroxène par leurs combinaisons et l'angle du prisme clinorhombique primitif, qui est de 87°. Pur, il est incolore; dans la nature, il est grisâtre ou bleuâtre. Le Borax est soluble dans l'eau; il fond en globule transparent. Fondu avec un mélange de spath fluor et de bisulfate de potasse, il colore la flamme en vert clair. Le Borax naturel provient des lacs salés du Thibet et de la Californie.

CHAPITRE III

ROCHES NITRATÉES

177. **Nitre**; Salpêtre.— Azotate de potasse : $K^2OAz^2O^5$. Forme cristalline dominante : une double pyramide hexagonale, dérivée d'un prisme droit à base rhombe de 118°50'. Dureté, 2. Densité, 1,937. Couleur, incolore. Éclat vitreux.

Le nitre déflagre sur les charbons ardents; il colore la flamme en violet; il est soluble dans l'eau. Il forme de petites incrustations à la surface des roches.

178. **Nitratine**; Soude nitratée : $Na^2OAz^2O^5$.— Cette espèce se clive en rhomboèdres. Elle a pour densité : environ 2,2; elle colore la flamme en jaune. Elle se trouve en efflorescences à la surface du sol. au Chili, dans les pampas.

CHAPITRE IV

ROCHES PHOSPHATÉES

179. Apatite. *Phosphate de chaux; Phosphorite cristallisée.*—Elle est composée de phosphate tribasique de chaux et de chlorure de calcium, dont la formule peut s'écrire : $3(3\,CaO\,Ph^2O^5) + Ca\,Cl^2$, ou $Ph^3\,Ca^5\,ClO^{12}$. Le chlore y est souvent remplacé par du fluor; quelquefois même on y trouve de l'iode.

On connaît maintenant de nombreux gisements, soit d'Apatite, en gros prismes hexagonaux bipyramidés (fig. 203), dans plusieurs régions des États-Unis (États du Maine, Massachussets, New-York, New-Jersey, etc., au Canada, en Norwège).



Fig. 203.— Apatite en prismes hexagonaux terminés par des pyramides à six faces.

Un des plus importants pour la France est celui qu'on a découvert en 1865 à Caylux (Tarn-et-Garonne). Il consiste en concrétions mamelonnés, fibreuses, en rognons, qui ont l'aspect de meulières, de résinites ou de calcaires concrétionnés; il sert de ciment à des poudingues quartzeux remplissant des poches, des fentes qui se rétrécisent à la partie inférieure; il y est mêlé d'ossements de mammifères dont les espèces appartiennent à l'éocène ou à des fannes plus récentes.

L'Apatite fond difficilement au chalumeau; mouillée avec de l'acide sulfurique, elle colore la flamme en vert bleuâtre pâle; dissoute dans l'acide chlorhydrique ou dans l'acide azotique, elle donne un précipité blanc avec l'azotate d'argent. La solution dans l'acide azotique, traitée par le molybdate d'ammoniaque dissous dans le même acide, précipite du phosphomolybdate jaune quand on chauffe légèrement. Cette méthode peut s'appliquer au dosage de l'acide. Les variétés les plus ordinaires contiennent du chlore; aussi, mêlées à de l'oxyde de cuivre, et chauffées dans une perle de sel de phosphore, colorent-elles la flamme en bleu pourpre.

Le procédé que l'on suit généralement aujourd'hui pour doser le phosphate de chaux dans ces matières, souvent fort impures, consiste à les dissoudre dans l'acide nitrique, à les filtrer ensuite, puis à verser dans la liqueur de l'ammoniaque, du chlorure de magnésium et de l'acide citrique, qui retient en dissolution les phosphates d'alumine de fer, mais qui n'empêche pas la précipitation de l'acide phosphorique à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien.

L'Apatite se rencontre en petits cristaux dans un grand nombre de roches cristallines.

Au microscopes, dans les sections minces, les cristaux sont plus allongés que ceux de la Néphéline, plus isolés; ils offrent quelquefois des fissures assez nombreuses, lorsque les sections se trouvent parallèles à l'axe de principale symétrie.

180. **Guano** (*Huano*). — Accumulations de matières à odeur d'urine putréfiée, qui renferment de l'ammoniaque, de l'acide phosphorique, de l'acide urique, de

l'acide ulmique, de l'acide avique, de l'ammoniaque, de la chaux, etc.

Ce mélange, d'un gris jaunâtre ou brunâtre, fond généralement, quand on le chauffe, en une espèce de scorie, et finit par devenir blanc et terreux. Il est soluble en partie dans l'acide chlorhydrique et la lessive de potasse, en dégageant de l'ammoniaque.

Les Guanos du Pérou sont riches en acide phosphorique.

Analyse du Guano de l'île de Chincha, d'après Nesbit : acides organiques et sel ammoniaque, 52,52; phosphate de chaux, 19,52; acide phosphorique, 3,12; sels alcalins, 7,56; silice et sable, 1,46; eau, 15,82.

Le Guano contient, outre le résidu minéralisé de la fiente des animaux marins, surtout des oiseaux (pingouins, pélicans, etc.), les restes mêmes de ces êtres; il couvre de grandes étendues sur la côte du Pérou et d'autres régions, où il est plus ou moins riche en phosphates, et surtout en matières azotées, suivant que les pluies rares ou fréquentes lui enlèvent plus ou moins de ses éléments primitifs.

181. **Sombrérite.**—Matière provenant de l'île de Sombrero (Indes), formée en très grande partie de phosphates de chaux hydratés.

CHAPITRE V

ROCHES SULFATÉES

182. **Anhydrite.** *Karsténite ; Sulfate de chaux :* $CaO SO^3$. — Dureté : celle du calcaire, 3. Chauffée avec du charbon, elle forme du sulfure de calcium.

Forme dominante : trois clivages rectangulaires ; l'un de ces plans de clivage a l'aspect nacré.

Variétés : 1° lamellaire ; 2° finement grenue, à cassure un peu esquilleuse.

Couleurs : blanc, bleuâtre, rougeâtre, gris de fumée.

L'Anhydrite forme des amas irréguliers avec le sel gemme et le gypse. Souvent, sans changer de forme, elle est transformée en gypse par hydratation.

183. **Barytine.** *Spath pesant ; Baryte sulfatée :* BaO SO^3 (*Schwerspath*, all). — Clivable parallèlement aux faces d'un prisme droit à base rhombe de 101°42' (fig. 204). Dureté, 3,5 ; densité, 4,49.

Variétés : crêtées, laminaires, bacillaires, fibreuses, globuleuses, radiées, concrétionnées, zonaires.



Fig. 204. — Barytine en prisme orthorhombique.

Couleurs ordinaires : le blanc de lait, le jaunâtre, le rouge brun ; il y a des variétés incolores.

Au chalumeau, la Barytine décrépite, fond, et, mêlée à du chlorure d'argent, elle colore la flamme en vert jaunâtre ; chauffée avec du charbon, elle donne du sulfure de baryum, qui précipite en blanc par l'acide sulfurique, par une dissolution de gypse, et par celles d'acide hydrofluosilicique, ou de sulfate de strontiane.

184. **Célestine.** Sulfate de Strontiane SrO SO^3. — Clivable suivant les faces d'un prisme droit à base rhombe de 103°, 58', à éclat vitreux, un peu perlé. Assez fréquemment elle est colorée en bleu céleste

pâle; mais souvent aussi elle est blanche, et quelquefois rougeâtre. Variétés ordinaires : cristallisées ou fibreuses.

Au chalumeau, elle décrépite, fond, et, mêlée à du chlorure d'argent, elle colore la flamme en rouge caractéristique. Décomposée par le charbon à une haute température, elle se transforme en sulfure de strontium, qui, traité par l'acide chlorhydrique ou l'eau, noircit le papier d'acétate de plomb, et colore la

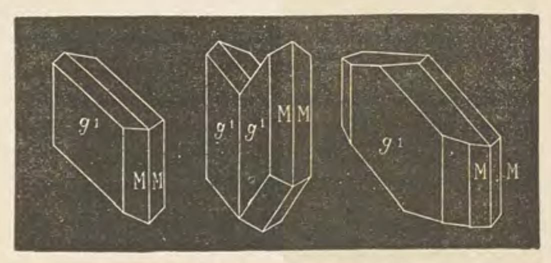


Fig. 205 à 207. — Formes cristallines du gypse.

flamme de l'esprit-de-vin en rouge intense. Cette coloration persiste plus longtemps que celle de la chaux; observée au travers d'un bleu de cobalt, elle varie du pourpre au rose.

185. **Gypse.** *Pierre à plâtre; Sulfate de chaux hydraté:* $CaO\ SO^3,\ 2H^2O$. — Il est facile d'y reconnaître les caractères suivants : il se raie avec l'ongle; il est peu soluble dans l'eau et dans les acides; il a une cassure spathique.

Forme de clivage : le prisme oblique à base rectangulaire. Un des trois clivages est facile et parfait : on le place verticalement et dirigé d'avant en arrière;

on le note g^1 ; les deux autres plans de clivage, à 90° du premier, font entre eux un angle de 114° 9'. Les fig. 205 à 207 montrent les formes les plus ordinaires de cette substance. — Ordinairement, les cristaux arrondis par déformation se groupent deux à deux ; ils sont aplatis dans la partie suivant laquelle ils s'accollent, et, le plan du clivage parfait étant parallèle aux deux arètes dorsales des surfaces convexes et extérieures du groupe, l'on peut avec un couteau diviser les *lentilles* en plaques, dont la forme ressemble à celle d'un *fer de lance* (fig. 208).

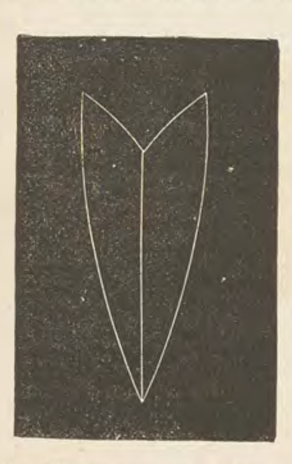


Fig 208. Gypse en forme de lance.

Le Gypse a pour dureté 2 ; chauffé dans un tube, il perd de l'eau, il devient opaque et friable. Pulvérisé avec du charbon ou du carbonate de soude, puis chauffé énergiquement au chalumeau, il se transforme en sulfure de calcium, lequel, humecté d'eau acidulée, noircit une lame d'argent ou le papier d'acétate de plomb, et, traité par l'ammoniaque et l'oxalate d'ammoniaque, donne un précipité blanc d'oxalate de chaux.

Variétés ordinaires : lamellaire, à éclat souvent assez vif, un peu nacré ; fibreuse, à éclat soyeux ; saccharoïde, ressemblant au marbre, dont il se distingue

par sa pureté ; compacte. Les variétés lamellaires, et surtout la compacte, sont souvent d'un blanc pur, toujours mat, il est vrai, et possèdent souvent une translucidité douce, qui les fait rechercher comme albâtres (*alabastrites* ou *albâtres gypseux*). Elles ont l'inconvénient d'être trop tendre ; ce qui force a les couvrir d'un verre, une fois travaillées. Le Gypse fibreux a l'éclat de la soie.

Minéraux accidentels mêlés au Gypse : *Sel gemme*, *Anhydrite*, *Mica*, *Boracite*, *Quartz*, *Pyrite*, etc.

Il se trouve en amas subordonnés dans les Micaschistes (Alpes de la Carinthie) ; dans le silurien, au Canada ; dans le permien de la Thuringe et de la Russie ; dans le trias de Mansfeld, et en particulier dans les marnes irisées, en France (à Salins, à Lons-le-Saulnier, à Bex) ; dans le lias des Cévennes ; dans le wealdien des environs de Cognac, etc. ; dans l'éocène supérieur aux environs de Paris ; dans le tertiaire des Karpathes, d'Aix en Provence ; du Bolognais en Italie (avec soufre natif). En Lorraine, les amas de Gypse, ramifiés à leurs extrémités, ont plié à leur forme les roches stratifiées qui les enveloppent.

186. **Glaubérite.** Sulfate de soude et de chaux : Na^2OSO^3, $CaOSO^3$.

Forme : celle d'un prisme unioblique de 83°20'. Densité : environ 2,7. Eclat vitreux. Couleur d'un gris sale. La Glaubérite fond facilement au chalumeau et colore la flamme en jaune. Lorsqu'on la traite par l'eau, le sulfate de soude se dissout et le sulfate de chaux se précipite. La liqueur donne la réaction de l'acide sulfurique.

187. **Alunite,** Cordier. *Mine d'Alun* (*Alaunstein*, all.). —

Roche compacte, uniforme ou porphyroïde, souvent arénacée, ou bréchoïde, de couleurs assez claires tirant sur le gris, le jaune, ou le rose, formée d'**Alunite.** Ce minéral est un sulfate d'alumine et de potasse hydraté, dont la formule $K^2OSO^3, 3Al^2O^3, SO^3, 6H^2O$ peut s'écrire aussi : $K^2OSO^3, Al^2O^3\ 3SO^3 + 2(Al^3O^2\ 3H^2O)$. Le premier terme de cette seconde formule représenterait une espèce d'*alun anhydre*; le second exprime la composition de l'hydrate d'alumine appelé *gibbsite*.

L'Alunite cristallise en rhomboèdres de 89°10′; le plus souvent elle est en concrétions fibreuses ou granulaires, à facies terreux, à toucher un peu âpre.

Elle est infusible; elle se dissout dans l'acide sulfurique. Dans le tube bouché, elle donne de l'eau, du sulfate d'ammoniaque, et, à une température très élevée, de l'acide sulfureux et de l'acide sulfurique. Elle résulte de l'altération des roches trachytiques (au mont Dore, à la Tolfa, près Civita-Vecchia, Italie, etc.), par des émanations d'acide sulfureux.

Lorsque l'on calcine l'Alunite, elle donne d'abord une odeur sulfureuse, puis une saveur alumineuse; et la masse calcinée reprise par l'eau produit de l'alun.

188. **Aluminite.** Sulfate d'alumine hydraté ($Al^2O^3SO^3, 9H^2O$), ordinairement mamelonné, d'un blanc mat, tendre, terreux, quelquefois oolithique, soluble dans l'acide azotique. Dans le tube bouché, cette matière dégage de l'eau, et, au rouge naissant, de l'acide sulfureux. Elle n'existe qu'en nodules ou en veines dans l'argile plastique (Mont-Bernon, près Épernay; environs de New-Haven, côte d'Angleterre).

CHAPITRE VI

ROCHES D'OXYDES TERREUX

189. **Bauxite.** — En grains arrondis concrétionnés, d'un blanc grisâtre, jaunâtre ou rougeâtre, disséminés dans un calcaire compact, parfois en masses oolithiques ou terreuses, généralement calcarifères.

La Bauxite est un hydrate d'alumine et de fer, dont la formule peut s'écrire $(Al^2 O^3 Fe^2 O^3) (HO)^2$, et dont la densité est de 2,55. La teneur en alumine est d'environ 50, et celle de l'oxyde de fer, d'environ 26 °/₀. A la Guyane française, on a trouvé dans la crique Boulanger, rivière Comté, une variété de Bauxite en partie pisolithique, en partie compacte, qui passe à l'hydrargillite ou gibbsite (1).

CHAPITRE VII

ROCHES CHLORURÉES

190. **Sel Gemme.** *Sel commun; sel rupestre; sel marin* (*Rock salt*, angl.; *Steinsalz*, all. (NaCl.) — Chlorure de sodium. Formes cristallines; le cube, le cubooctoèdre. Dureté, 2; densité, 2,2 à 2,3. Il colore la flamme en jaune; il fond au chalumeau; il est soluble dans moins de quatre parties d'eau. La solution précipite par l'antimoniate grenu de potasse, convenablement préparé,

(1) Ed. J., *Bull. Soc. min. de France*, 1880.

surtout si l'on frotte les parois du vase avec un agitateur, et à la condition qu'elle ne contienne pas d'autre base que de la soude ou tout au plus une petite quantité de potasse; elle donne aussi avec l'azotate d'argent un précipité blanc qui fait ressembler la liqueur au lait caillé, et qui tombe vite ou fond du vase à cause de son poids, mais qui se redissout instantanément, si l'on y verse un excès d'ammoniaque. Il a une saveur particulière, sympathique. Tantôt il se présente en masses limpides, à clivages cubiques, incolores, ou colorées en bleu, en vert, par des matières organiques ou par des sels de cuivre; en rouge brique par du fer oligiste; en rouge orangé par des infusoires; tantôt il a une cassure lamellaire ou une texture fibreuse; il est souvent disséminé en amas considérables dans des argiles et des marnes, d'où sortent des sources salées fort importantes.

Le Sel gemme apparaît déjà en dépôts dans le silurien de l'Ohio, Virginie, de la Pensylvanie, de l'État de New-York, si riches en sources salées. Il est assez abondant aussi dans le permien en Allemagne, à Stassfurt, près de Magdebourg, où il est accompagné de sels de potasse et de magnésie, à l'état de chlorures, de sulfates, de borates, etc.; au Mansfeld, dans le gouvernement de Perm; dans le Zechstein de la Thuringe; puis dans le trias inférieur du Tyrol, dans le Muschel-Kalk du Wurtemberg. Il forme des amas étendus et puissants dans les marnes irisées ou Keuper en Angleterre, dans le même étage, en Suisse, à Bex; en France (Lorraine et Jura); dans le crétacé d'Algérie; dans le tertiaire de Vieliczka, Pologne, de Cardona, Catalogne, etc.; il se rencontre aussi parmi les masses rejetées

par les volcans actuels. Il se retrouve enfin en amas énormes dans des contrées moins étudiées géologiquement, telles que l'Asie ou les déserts de l'Afrique. Il donne leur salure aux mers et même à un grand nombre de lacs appelés lacs salés.

191. **Carnallite** (Chlorure de potassium et de magnésium hydraté : Kce, $MgCl^2$, $6H^2O$). — Limpide, incolore, si elle est pure, quelquefois mélangée de fer oligiste, elle se présente généralement en masses grenues ; elle est soluble dans l'eau. Il est facile d'y reconnaître l'eau dans le tube fermé ; la magnésie au moyen du phosphate de soude ammoniacal (précipité blanc, cristallin) ; la potasse au moyen du chlorure de platine (précipité jaune) ; le chlore au moyen de l'azotate d'argent (précipité blanc caillebotté). (Voy. *Sel gemme.*)

192. **Cryclithe** : $Al^3\ Fl^6$, 6NaFl. — Densité, 2,96 ; dureté, 2,5 à 3.

Forme : Les cristaux rares appartiennent optiquement au système klinorhombique ou bioblique ; ordinairement cette matière se présente en masses d'un blanc de lait, offrant trois clivages qui paraissent rectangulaires entre eux, colorées quelquefois en jaunâtre, par suite de leur mélange avec du carbonate de fer un peu altéré. Très facilement fusible sur le charbon, elle colore la flamme en jaune, elle bleuit par l'azotate de cobalt ; elle est soluble dans l'eau régale, et la solution donne avec le sulfhydrate d'ammoniaque un précipité blanc insoluble dans l'ammoniaque. Lorsqu'on la traite par l'acide sulfurique, elle donne lieu à de l'acide fluorhydrique qui corrode le verre.

193. **Stassfurtite.** — Agrégat grenu ou compacte d'une matière formée de borate de magnésie, de chlorure de magnésium et d'une petite quantité d'eau,

soluble dans l'acide chlorhydrique, et qui se rencontre en nodules dans le Sel gemme de Stassfurt.

194. **Fluorine** (*Spathfluor; Fluor-spar*, angl.; *Fluss-path*, all.). — Fluorure de calcium : CaFl. — Formes cristallines : le cube modifié souvent sur ses angles ou sur ses arêtes ; le cube pyramidé. Forme de clivage : l'octaèdre régulier. Dureté, 4 ; densité moyenne, 3,18. Couleurs très variées et très vives. Quelquefois la Fluorine est incolore et transparente. Elle fond difficilement au chalumeau ; les vapeurs qu'elle dégage, quand on la traite par le sel de phosphore ou par l'acide sulfurique concentré, corrodent le verre. Presque toutes les variétés émettent une lueur verdâtre ou d'un bleu pourpre quand on les chauffe dans un tube, et décrépitent en projetant des éclats décolorés. La Fluorine remplit des fentes de filons ou se montre en veines éparses dans les roches granitiques et les Porphyres quartzifères.

TROISIÈME PARTIE

ROCHES MÉTALLIQUES

CHAPITRE PREMIER

MÉTAUX NATIFS

Quelques métaux se présentent à l'état libre dans la nature. On les appelle *natifs*.

195. **Platine.** — On le trouve en grains où l'on peut, dans certains cas assez rares, reconnaître quelques faces de l'octaèdre régulier.

Ces grains, d'un gris d'acier plus ou moins clair, à éclat métallique, ont une densité considérable, variant de 17 à 19; ils contiennent quelques centièmes de Rhodium, de Palladium, parfois d'Osmium, et surtout d'Iridium et de Fer. Ils sont infusibles, solubles seulement dans l'eau régale. Ils atteignent quelquefois d'assez fortes dimensions, jusqu'à la grosseur d'un œuf; on les nomme alors plus particulièrement *pépites*. Quelques-unes de ces pépites, où d'assez fortes proportions de fer sont combinées au platine, comme l'a montré M. Daubrée, deviennent noirâtres et agissent fortement sur l'aiguille aimantée. Ils se rencontrent dans des alluvions où ils sont associés à l'osmiure d'iridium, à l'or, au cuivre (rivière Pinto, district

de Choco, près Popayan, Amérique du Sud; Nischen Tagilsk et Goroblagodat, Oural).

196. **Or.** — Comme le Platine, il a peu d'importance au point de vue de son rôle géologique; il est cependant disséminé sur un bien plus grand nombre de points. Il forme des veines étroites, d'allure extrêmement irrégulière, au travers des filons de quartz. Quelquefois cristallisé en cubes, en octaèdres réguliers, en cubo-octaèdres et sous plusieurs formes de système cubique, il se rencontre plus souvent en lamelles, en grains arrondis ou pépites, dont certaines ont montré des dimensions vraiment considérables et pesaient jusqu'à près de 50 kilos.

Il est d'un jaune vif à éclat métallique; sa densité varie de 15 à 19; il est fusible et soluble dans l'eau régale. On sait que les anciens ont cherché de l'Or de tout temps dans le lit des rivières qui descendent des Pyrénées et des Alpes. L'exploitation des atterrissements du Rhin se continue encore aujourd'hui. Lorsque le fleuve a porté sur une de ses rives les dépôts enlevés à l'autre, les paysans soumettent ces atterrissements, fort pauvres en général, à de vieux procédés en général bien peu productifs.

De nos jours on a repris les exploitations tentées dans l'Oural par les Scythes, il y a plus de deux mille ans. La Sibérie a été un des pays qui produisaient le plus d'Or pendant la première moitié de ce siècle, jusqu'au jour où l'on a découvert les gisements de la Californie. L'Or s'y trouve sur les pentes de la Sierra Nevada, dans des sables tertiaires recouverts par les Basaltes. On a détourné des cours d'eau pour démolir ces énormes masses d'alluvions. Puis l'Or s'est montré

dans les énormes filons de quartz qui traversent cette chaîne ainsi que le haut plateau de l'État de Nevada, de l'Arizona, entre la Sierra Nevada et les montagnes Rocheuses. Enfin, les Alleghanys ont apporté leur tribut. Pendant ce temps on découvrait des gisements d'une extrême richesse en Australie (colonie Victoria et Nouvelle-Galles du Sud). L'Or a une si grande valeur que les produits de ces régions fortunées n'ont pas fait abandonner les exploitations plus anciennes de Voros-patak, Transylvanie, ouvertes au milieu des trachytes éocènes, qui renferment l'Or combiné au Tellure et à l'Argent, ni celles des Itacolumites du Brésil, ni celles plus récentes de la Guyane française, ni enfin celles des pyrites aurifères de la Sibérie, du Siebenburg et d'autres contrées.

Argent et cuivre natifs. — Nous en dirons quelques mots plus loin, en parlant des sulfures de ces deux métaux.

CHAPITRE II

SULFURES ET SULFO-ARSÉNIURES — SULFO-ANTIMONIURES

Chauffés sur le charbon avec du carbonate de soude, ils donnent lieu à la production de sulfure de sodium qui noircit le papier d'acétate de plomb ou une lame d'argent. Chauffés seuls, ils dégagent au feu oxydant des acides sulfureux, arsénieux ou antimonieux.

197. **Galène** (*Galena*; all. *Bleiglanz*). Sulfure de plomb : PbS. — Formes dominantes : le cube, l'octaèdre, la combinaison de ces deux formes, auxquelles s'ajoutent quelquefois des facettes du rhombododécaèdre,

ou d'autres facettes de signe cristallographique plus compliqué. Clivages cubiques.

Caractères : les trois clivages rectangulaires. Éclat métallique. Couleur gris d'acier nuancé de bleuâtre. Poussière gris noirâtre. La galène est facilement fusible; chauffée sur le charbon avec la soude, elle donne un culot de plomb et un enduit jaune; broyée dans un mortier avec du bisulfate de potasse K^2OH^2O $2SO^3$, elle donne lieu à un dégagement intense d'hydrogène sulfuré.

Variétés : laminaire, lamellaire, grenue, compacte. La couleur de la variété terreuse la fait appeler plomb bleu.

En filons dans les terrains primaires et secondaires (trias et jurassique inférieur).

En amas, en grains disséminés dans des sables; en veines dans des argiles. Parmi les mines de galène argentifère, on peut citer celle du Laurium (Attique), exploitée au temps de Périclès.

198. **Blende.** Sulfure de zinc : ZnS. — Formes dominantes : le dodécaèdre rhomboïdal, le tétraèdre, souvent avec de petites facettes modifiantes. Clivages parallèles aux faces du dodécaèdre rhomboïdal (fig. 209).

Caractères. Les clivages brillants qui donnent lieu aux variétés laminaires. Cassure lamino-fibreuse. Éclat presque métallique dans les variétés noires, lithoïde dans les autres, toujours résineux, analogue à celui de la cire. Couleurs très variées : ordinairement jaune ou brune et plus ou moins transparente, souvent noire.

Poussière ordinairement grise, parfois un peu brune.

Chauffée sur le charbon, elle devient éclatante, donne un enduit jaune clair à chaud, blanchâtre à froid, et colore l'azotate de cobalt en verdâtre. Elle est difficilement soluble dans l'acide azotique; fond très difficilement sur les bords. Si on la broie avec du bisulfate de potasse, il s'en dégage aussi de l'hydrogène sulfuré.

On trouve la Blende en filons dans les Cornouailles et à la base des calamines de la vieille Montagne.

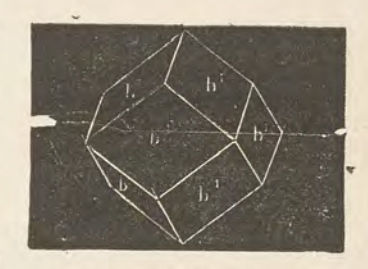


Fig. 209. — *Blende en dodécaedre rhomboïdal.

Certaines variétés fibreuses de sulfure de zinc naturel, assez transparentes en sections minces pour être observées au microscope, sont biréfringentes; elles appartiennent à l'espèce minérale appelée Wurtzite par M. Friedel.

Pyrites (*Eisenkies*, all.) : Fe S^2. — Bisulfures de fer. Chauffées sur le charbon, elles donnent un globule formé de protosulfure de fer Fe, S, attirable au barreau aimanté. L'une :

199. **Pyrite cubique**, ou proprement dite. — Elle est d'un jaune d'or ou de laiton, à éclat métallique, ordinairement vif. Elle offre le plus souvent des formes hémiédriques, dodécaèdre pentagonal, dodécadièdre ou trapézoèdre dissymétrique (fig. 210), etc., souvent des cubes dont les stries sont parallèles à deux arêtes seulement d'une même face (fig. 211), etc. La pous-

sière en est d'un noir brunâtre. Elle est parfois transformée plus ou moins profondément en oxyde de fer rouge, et surtout en hydroxyde brun du même métal. Elle fait feu au briquet.

La Pyrite de fer, insoluble dans l'acide chlorydrique, est soluble au contraire dans l'acide azotique oxydant.

200. **Marcassite.** — D'un jaune de bronze pâle, livide, elle tire sur le verdâtre ou le blanchâtre. Elle cristallise (fig. 212) en prismes orthorhombiques terminés par des octaèdres, ou par des dômes, ordinairement agglomérés en sphéroïdes. Elle a la même composition que la précédente. La poussière en est d'un gris verdâtre foncé. Elle est très souvent altérée en limonite, quelquefois en carbonate de fer. A la surface du sol, elle passe ordinairement assez vite à l'état de sulfate de fer, en abandonnant du sesquioxyde hydraté. Les Pyrites sont surtout des minerais de soufre.

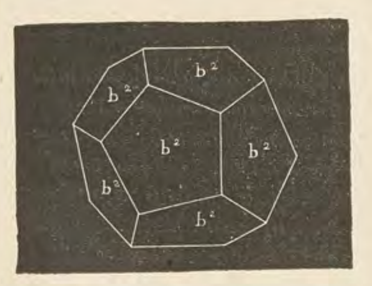


Fig. 210. — Pyrite en dodécaèdre pentagonal (1/2 b²).

Pyrite cuivreuse. *Chalkopyrite :* $CuFeS^2$ (*Kupferkies*, all.). Jaune verdâtre, souvent irisée de reflets bleus, pourpres, etc. — Poussière d'un noir verdâtre. Humectée de HCl, elle colore en vert le bord de la flamme d'une lampe à alcool. Au chalumeau, elle est fusible en globule magnétique. Avec le carbonate de soude,

elle donne un bouton de cuivre. Elle est soluble dans l'acide azotique; la solution bleuit par l'ammoniaque. Elle colore la perle de sel de phosphore en rouge opaque au feu réducteur, en vert à chaud, et en bleu à froid au feu oxydant. (Ajouter un peu d'étain pour obtenir la coloration rouge au feu réducteur.) Souvent la Pyrite de cuivre est mélangée d'autres sulfures du même métal, l'un de couleur intermediaire entre le rouge de cuivre et le brun de tombac (Phillipsite ou cuivre panaché); l'autre noir, ne contenant que du cuivre (Chalkosine). Tous ces sulfures donnent au chalumeau ou avec les acides les réactions du cuivre, comme la Chalkopyrite.

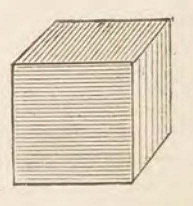


Fig. 211. — Pyrite en cubes striés.

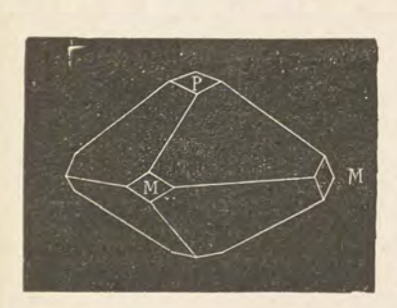


Fig. 212. — Marcassite en octaèdre.

On pourrait signaler également comme se présentant quelquefois en masses importantes le cuivre natif. Le gisement le plus riche et le plus célèbre est celui des environs de Keweenaw Point, Lac Supérieur, où le cuivre, assez souvent allié à l'argent également natif, forme des veines qui coupent un

porphyre, ainsi que des grès traversés par le porphyre. En Bolivie, à Corocoro, une bande de cuivre de près de 100 mètres de largeur s'étend, sur une longueur de plus de 2.000 kilomètres, dans des grès probablement permiens.

201. Minerais d'Argent. — On ne peut guère donner à aucun d'eux le nom de *roche*; mais la valeur pécuniaire du métal qu'on en retire et leur importance relative sur certains points du globe légitiment une mention des minerais d'argent considérés en bloc. L'*Argent natif* se reconnaît aisément. D'un blanc éclatant, surtout lorsqu'on l'a dépouillé de l'enduit de sulfure noir qui le recouvre plutôt, il est vrai, dans les collections que dans les mines où on le rencontre, il est soluble dans l'acide azotique, et forme avec cet acide l'azotate d'argent soluble dans l'eau, que l'acide chlorhydrique transforme en chlorure d'argent.

Ce chlorure est insoluble dans l'eau et dans l'acide azotique où il se précipite en grumeaux blancs comme du lait caillé; mais il se redissout dans l'ammoniaque lorsqu'on sature de cette base l'acide où il s'était déposé.

L'argent forme avec le soufre seul plusieurs composés, dont le seul important est l'*argyrose* ou sulfure d'argent. Ce sulfure est quelquefois cristallisé en cubes ou sous les formes du système cubique; il a une poussière noire, il se coupe au couteau, il est malléable et abandonne au chalumeau sur le charbon un globule d'argent, surtout lorsqu'on l'a intimement mélangé avec du carbonate de soude. Il se combine souvent à l'antimoine et à l'arsenic, en même temps qu'au soufre.

Les sulfures d'argent et d'antimoine ou d'arsenic,

chauffés dans un tube fermé à un bout, perdent du sulfure d'arsenic ou d'antimoine qui forme un sublimé rouge dans les parties froides du tube ; ils cèdent ces mêmes sulfures à une dissolution de potasse caustique. Au chalumeau, lorsqu'ils ont abandonné ces deux sulfures, ils offrent le même caractère que l'argyrose. Les seuls un peu importants comme minerais sont :

Le *Psaturose*, à poussière noire, cristallisé en prismes hexagonaux, dérivés d'un prisme primitif orthorhombique, la *Polybasite*, noire en masse comme le minerai précédent et cristallisant en lamelles hexagonales dérivées aussi d'un prisme orthorhombique, mais contenant des proportions différentes de soufre, d'antimoine et d'argent, et divisibles en lamelles minces, rouges et translucides; enfin, les *argents rouges*, dont l'un, la *Pyrargyrite*, a la poussière d'un rouge violacé et contient du sulfure d'antimoine, et dont l'autre, la *Proustite*, sulfure d'argent et d'arsenic, est appelée *Rosiclair* dans l'Amérique du Sud, à cause de sa poussière d'un rouge clair et vif, mais cristallise, comme l'espèce précédente, sous des formes du système rhomboédrique, tout à fait analogues, au point de vue géométrique, à celles du calcaire.

Tous ces sulfures sont souvent réunis dans les mêmes filons. La Pyrargyrite ou Argyrythrose est plus abondante que la Proustite dans le Hartz, où l'on a exploité environ 900 filons, en pénétrant dans le sol jusqu'à 1,500 mètres de profondeur. A Corocoro, Chili, les parties supérieures des filons montrent de l'argent natif, du chlorure, du chlorobromure, de l'iodure d'argent, et celles qui sont situées plus bas, des sulfures et

particulièrement la Proustite ou Rosiclair; plus bas encore de la Chalkopyrite. Sur le plateau du Mexique, à 2 ou 3,000 mètres de hauteur au-dessus de la mer, on a rencontré plusieurs milliers de filons argentifères, dont le plus célèbre, la *Veta madre*, a 4 mètres de puissance sur une énorme étendue.

A Caracolès, en Bolivie, le minerai principal consiste en chlorure, chlorobromure et chloroiodure d'argent associés à des hydrocarbonates et à des sulfates de cuivre. Le chlorure d'argent s'est moulé exactement sur des coquilles, où il a quelquefois subi une réduction postérieure. Plusieurs de ces coquilles sont des ammonites de l'Oxford-clay. Les filons les plus puissants qu'on ait exploités depuis une qûinzaine d'années sont ceux de Comstock, États-Unis de l'Ouest entre la Sierra Nevada de Californie et les montagnes rocheuses.

202. **Cinabre**. — Sulfure de mercure, d'un rouge vif (vermillon naturel); on l'a trouvé avec des fossiles déformés à Idria, en Carniole, et en filons à Almaden, Espagne, en Toscane, à Moschel Landsberg, Palatinat, et tout récemment à Newalmaden.

CHAPITRE III

OXYDES ET CARBONATES MÉTALLIQUES

L'on ne peut y déterminer que le métal, soit en les chauffant sur le charbon, soit en les soumettant aux réactions ordinaires.

Il est facile de les distinguer les uns des autres.

203. **Magnétite**. — *Fer oxydulé magnétique* ($Fe^3 O^4$).

Aimant, Loadstone (*Magnet*, angl. ; *Magneteisen*, all.). — Formes : l'octaèdre (fig. 213), le dodécaèdre rhomboïdal, la combinaison des deux.

Composition : Fer, 72,41 ; oxygène, 27,59. On l'écrit ordinairement : $FeO\ Fe^2O^3$.

Couleur d'un noir pur. — Poussière noire. — Toujours attirable au barreau aimanté, la Magnétite présente quelquefois le magnétisme polaire. Elle est soluble dans l'acide chlorhydrique bouillant, et la solution donne les réactions du fer.

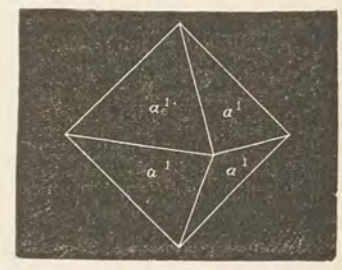


Fig. 213. — Magnétite en octaèdre régulier.

Minéraux accidentels : *Chlorite*, *Fer chromé*, *Grenat*, *Pyrites*, *Calcaire*.

Elle forme des amas stratiformes, quelquefois d'une étendue considérable dans les Gneiss et dans les schistes cristallisés, à Dannemora (Suède), Arendal (Norvège) et dans l'Erzgebirge. Dans l'Oural, ses massifs énormes accompagnent des Mélaphyres qui traversent des schistes chloriteux.

En Suède et en Norvège les Gneiss enferment entre leurs feuillets presque verticaux des amas lenticulaires de Magnétite.

L'on rencontre dans beaucoup de roches, et particulièrement dans les roches éruptives basiques, des cristaux de Magnétite, qui, dans les sections minces

observées au microscope, ont pour caractères d'être opaques, et de se présenter en espèces de chapelets, de groupes arborescents, de masses à contours rectilignes scalariformes, où l'on retrouve les côtés des sections quadratique, hexagonale, etc., des cristaux qui les forment.

204. **Fers titanés.** — Les uns cubiques, les autres rhomboédriques. On les rencontre ordinairement en grains d'un noir de fer, et dont la poussière varie du brun noir au brun rougeâtre. Plus faiblement magnétiques que le fer oxydulé, ils acquièrent un pouvoir magnétique très intense, lorsqu'on les chauffe sur le charbon au chalumeau. Ils colorent la perle de phosphore en rouge à la flamme intérieure, et la perle devient violette si l'on y ajoute de l'étain, et qu'on la chauffe sur le charbon.

Lorsque le fer magnétique passe à l'état de fer *chromé*, l'on reconnaît facilement le chrome, soit au moyen de l'azotate de potasse que l'on chauffe avec le minerai dans une cuiller de platine et qui forme du chromate jaune de potasse soluble dans l'eau, soit au moyen du chalumeau, par la coloration d'un vert émeraude qu'il donne au sel de phosphore.

Les fers *chromés*, dont le type le plus pur a pour formule $FeO\ Cr^2O^3$, contiennent souvent plus ou moins d'alumine remplaçant le sesquioxyde de chrome, et même de magnésie remplaçant le protoxyde de fer.

Leur poussière brune, leur insolubilité dans l'acide chlorhydrique, le manque absolu d'action sur l'aiguille aimantée les distinguent de la magnétite.

Nous ne pouvons qu'indiquer ici une substance

très rare, le *Spinelle*, qui est un aluminate de magnésie transparent, quelquefois d'un beau rouge (*rubis spinelle*), qui cristallise comme les espèces minérales précédentes en octaèdres réguliers, moins souvent en dodécaèdres rhomboïdaux, et qui est le type de ce groupe caractérisé par son isomorphisme géométrique et sa formule chimique générale mOM^2O^3, m pouvant être du magnésium, du fer, du chrome, voire même du zinc ou du manganèse, M étant de l'aluminium, du fer, du manganèse ou du chrome.

C'est à ce groupe qu'appartient la Picotite chromifère, qu'on rencontre avec une certaine abondance en grains jaunâtres ou bruns, translucides, à sections quadratiques, inactifs sur la lumière polarisée, dans les roches à Olivine (*Lherzolithe*).

205. **Oligiste.** *Hématite ; Rotheisenstein ; Eisenglanz ;* sesquioxyde de fer ($Fe^2 O^3$). — Il est composé de 70 °/₀ fer; 30 °/₀ oxygène. Caractères : Poussière rouge, ou d'un rouge violacé. Pulvérisé, puis chauffé sur le charbon au chalumeau, il donne une poudre noire, attirable au barreau aimanté. Il est soluble lentement dans l'acide chlorhydrique bouillant, et la liqueur donne les réactions du fer.

Variétés *cristallisées.* Formes dominantes : le rhomboèdre de 86°, combiné à un rhomboèdre inverse, et plus souvent à un dihexaèdre (isocéloèdre des cristallographes), aux bases du prisme hexagonal ; ou des lames aplaties suivant ces bases (fig. 214). La densité est de 5,3 ; la dureté, d'environ 6. Souvent les cristaux prennent des formes lenticulaires, ou se réduisent à des lamelles, à des écailles (*Fer oligiste micacé ; Eisenglimmer*). La couleur superficielle de ces variétés est

noire; l'éclat en est vif, métallique; elles remplacent quelquefois des coquilles.

Les variétés fibreuses (*hématite proprement dite*) établissent le passage entre les précédentes et les terreuses.

Variétés *terreuses*, d'un rouge vif ou brunâtre, et d'un éclat lithoïde. Elles ont une dureté, une densité moindres; elles sont souvent mêlées de silice; ou bien elles se mêlent sous forme de poussière, en quantité plus ou moins considérable, aux argiles (ocre rouge); elles deviennent tachantes (*sanguine*); elles colorent en rouge les jaspes, les silex, les grès, les marnes, et un nombre considérable de roches.

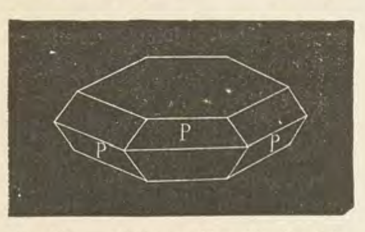


Fig. 214. — Oligiste en dihexaèdre formé du rhomboèdre primitif (*P*) et de son inverse ($e^{1/2}$).

L'Oligiste forme des filons, et quelquefois des montagnes entières dans les schistes cristallins et dans les terrains anciens. A l'île d'Elbe, il se relie aux éruptions serpentineuses.

Les variétés oolithiques, d'un rouge foncé ou brunes, sont en général des mélanges d'oligiste, de limonite et d'un peu d'argile, sous la forme de grains sphériques ou lenticulaires, dont la densité ne dépasse pas 3. On les rencontre en couches dans les différentes formations sédimentaires, et surtout dans celles du terrain jurassique ou du crétacé.

Le fer oligiste est isomorphe du corindon Al^2O^3, sesquioxyde d'aluminium, qui cristallise en rhom-

boèdres de 86°4', qui est avec la cymophane la plus dure de toutes les pierres connues après le diamant, qui joue même le diamant lorsqu'il est transparent et incolore à cause de son vif éclat, et qui enfin présente quelquefois les plus riches couleurs (*voy.* p. 85). Au groupe M^2O^3 formé par l'oligiste et le corindon appartiennent encore le sesquioxyde de chrome, qu'on ne rencontre dans la nature qu'aux Ecouchets (Saône-et-Loire), sous la forme d'une matière verte, pulvérulente, et plusieurs variétés de fers titanés rhomboédriques à poussière rougeâtre. On a peu occasion d'observer ces matières au microscope dans les roches, excepté l'Oligiste. Celui-ci est, en général, opaque et difficile à distinguer de la Magnétite; quelques variétés cependant, nommées *fers micacés*, se trouvent à l'état de lamelles assez minces pour devenir translucides et prendre une couleur d'un rouge cochenille ou jaunâtre en lumière naturelle; en lumière polarisée, entre deux nicols en croix, ces lamelles s'éteignent; car ce sont les bases de rhomboèdres presque sans épaisseur.

206. **Itabirite.** *Eisenglimmerschiefer*, *Sidérocriste.* — Agrégat grenu, à texture schisteuse, quelquefois bacillaire, de **fer oligiste micacé** et de **quartz.**

Le fer oligiste s'y présente en petites lamelles minces, isolées, ou réunies en espèces de membranes, que séparent des couches également minces de quartz grisâtre. Dans la cassure parallèle à la schistosité, la roche ressemble aux masses composées uniquement de fer micacé; dans la cassure transversale, on aperçoit les bandes alternes noires et blanches d'oligiste et de quartz.

Minéraux accessoires : *Magnétite*, *Talc* (passage à l'Itacolumite), *Chlorite*, *Or natif*.

Ces roches, d'une grande puissance et d'une grande étendue au Brésil, s'y montrent souvent alternes avec des Quartzites et des Itacolumites, et l'ensemble constitue un système qui se relie à des dykes de Diorites. On les exploite pour l'or qu'elles renferment, à Gongosocco, à Villarica, etc.

207. **Limonite.** *Sesquioxyde de fer hydraté.* — Dans le tube fermé elle donne de l'eau et devient rouge; sur le charbon au chalumeau, elle est réduite à l'état de fer oxydulé, attirable au barreau aimanté. Dans l'acide chlorhydrique, elle se dissout, et dépose ordinairement du sable et de l'argile. La solution donne les caractères des sels de fer.

Variétés : Limonite *compacte*, à surface souvent luisante, et de texture quelquefois fibreuse, en rognons mamelonnés, ou même stalactitiques, d'un noir plus ou moins jaunâtre, mais dont la poussière est jaune, ou d'un brun qui tire sur le rouge, lorsqu'elle n'est pas uniformément hydratée. Souvent elle offre aussi des variétés poreuses, cellulaires, comme scoriacées. Elle remplit des filons.

Limonite *terreuse*, d'un jaune brun ou d'un jaune d'ocre, généralement mêlée d'argile et tachante (ocre jaune), mais à poussière souvent jaune, parfois rendue brune par un peu d'oxyde de manganèse, disséminée dans un très grand nombre de roches qu'elle colore. Elle est ordinairement mélangée de silice, de phosphates, etc. Quelquefois cette variété prend des formes globulaires (*oolithique* ou *pisolithique*), et dans ses globules on distingue des sortes de mem-

branes qui s'enveloppent comme les tuniques successives d'un oignon. Enfin elle entre dans la composition du ciment de certains grès ferrugineux, ou d'un assez grand nombre de poudingues.

Une variété fort intéressante, quoique très impure, et donnant une fonte cassante, c'est la Limonite *des marais*. Elle a l'éclat gras, résineux, elle ressemble un peu à de la poix; elle est compacte et presque cristalline, souvent cloisonnée. Elle est d'un brun foncé. C'est un mélange d'hydroxyde de fer, d'oxydes de manganèse, de silice, de phosphates, d'humates, et peut-être de silicates de fer.

208. **Tapanhoacanga.**—Conglomérat composé de fragments de **Magnétite**, de **Limonite**, de **Quartzite**, d'**Itacolumite**, et d'un ciment d'oxyde de fer souvent hydraté.

209. **Sidérose.** *Fer spathique; Carbonate de fer :* $FeO\,CO^2$. — Isomorphe avec le calcaire. Densité, 3,9; dureté, 4. Clivable en rhomboèdres de 107°. Poussière grise. Contient 48,74 °/₀ de fer.

Variétés : 1° **Spathique**, d'un gris jaunâtre, d'un jaune chamois ou isabelle, à éclat nacré, vif, à l'état frais; mais, ordinairement altérée, cette variété est devenue d'un brun rougeâtre ou noirâtre par suite de sa transformation en oxyde de fer. Au chalumeau, elle laisse une matière brune ou noirâtre, magnétique, comme résidu sur le charbon. En fragments, elle est lentement soluble dans les acides; la solution donne les réactions des sels de fer; elle précipite en jaune par l'ammoniaque, etc. Elle se présente en amas ou en filons, par exemple dans le silurien de la Styrie, où elle forme la masse de l'Erzberg, dans les Basses-Pyrénées, à Baigorry, dans les Alpes du Dauphiné,

au mont Pinsot, près d'Allevard. Elle se mêle aussi aux calcaires du Zechstein en Thuringe.

2° **Sphérosidérite**. Concrétions ou rognons, à cassure terreuse, gris ou bruns, ordinairement plats, souvent creux et renfermant des restes de poissons, de sauriens, des empreintes de feuilles, ou des cristaux de sulfures, de sulfates, etc. De la solution par les acides se dépose un résidu argileux. Cette variété est assez abondante sous la forme de nodules disséminés, ou même en couches dans certains bassins houillers, quelquefois dans le lias. Elle est souvent mélangée de silice ou de manganèse, etc.

3° **Blackband,** nom donné en Angleterre à la variété précédente, mêlée d'au moins 10 °/₀ de charbon.

4° **Oolithique**, ordinairement altérée en limonite, dont on ne peut distinguer le carbonate que par l'action des acides.

Oxydes de Manganèse. — 210. Manganite ou acerdèse (sesquioxyde de manganèse hydraté). — Prismes orthorhombiques. Ordinairement bacillaire ou fibreuse, elle dégage de l'eau dans le tube bouché; elle a la poussière brune; chauffée au chalumeau avec du carbonate de soude, elle le colore en vert.

211. Pyrolusite. *Bioxyde de manganèse.* — Elle ne diffère de la précédente que par les angles de son prisme primitif; mais la poussière en est d'un noir franc. Elle se montre souvent en masses compactes ou terreuses.

212. Psilomélane. — Elle est facile à reconnaître à ses grappes mamelonnées, en forme de stalactites; elle se compose d'oxyde de manganèse, de baryte et d'eau.

C'est un manganate de Baryte; dissous dans l'acide chlorhydrique, il précipite par l'acide sulfurique. Comme les composés précédents du Manganèse, elle colore la perle de sel de phosphore en violet au feu oxydant, et le carbonate de soude en vert.

A la suite de ces oxydes, on peut mentionner les *Wad*, qui contiennent du fer; l'*Asbolan*, oxyde de manganèse et de cobalt, etc.

213. **Stibine.** — La Stibine, sesquisulfure d'antimoine, Sb^2S^3, se présente en masses lamellaires, bacillaires, aciculaires et souvent rayonnées; elle se clive sous le choc du marteau, suivant des faces brillantes; tendre, elle laisse une trace sur le papier; elle est très facilement fusible au chalumeau et donne sur le charbon un métal blanc fusible, d'où se dégagent des vapeurs abondantes qui s'oxydent en retombant et forment une auréole blanche autour de la matière essayée.

214. **Cassitérite.** — C'est un oxyde important au point de vue industriel, qu'on rencontre plutôt en grains dans des sables d'alluvions (Banca, Sumatra) qu'en roches. Cependant la Cassitérite forme des filons importants dans l'Australie du Sud. Elle a pour formule SnO^2; elle est ordinairement cristallisée en prismes quadratiques, à quatre ou quelquefois à huit pans, terminés par des pyramides de même section, et ordinairement groupés de manière à présenter un angle rentrant qu'on a comparé à un bec. Elle est insoluble dans les acides, infusible; traitée sur le charbon au chalumeau, elle abandonne au feu réducteur un globule d'étain; en y ajoutant du carbonate de soude, ou même du fer métallique, on facilite la réduction.

Nous ne citerons que pour mémoire les oxydes de Titane : TiO^2.

L'un d'eux est appelé *Rutile*, à cause de la belle couleur que possèdent ses cristaux lorsqu'ils sont transparents. Il est isomorphe de la Cassitérite.

QUATRIÈME PARTIE

ROCHES COMBUSTIBLES

CHAPITRE PREMIER

LE SOUFRE

215. **Soufre.** *Soufre natif* (*Sulphur*, angl.; *Schwefel*, all.). Symbole chimique : S. — Il cristallise en octaèdres droits à base rhombe (fig. 215). Souvent les octaèdres sont basés.

La densité du soufre est de 2,2 ; la dureté, 2 en moyenne. Très fragile. Brûle avec une flamme bleue, en produisant de l'acide sulfureux, facile à reconnaître à son odeur piquante, qui provoque l'éternuement.

CHAPITRE II

LES CHARBONS NATURELS

216. On ne peut compter parmi les éléments même accessoires des roches le *Diamant*. Aussi nous contenterons-nous de rappeler que c'est du carbone cristallisé dans le système cubique. Presque toujours trans-

parent, lorsqu'il est pur, le Diamant a un éclat gras particulier qui aide beaucoup à le faire reconnaître, et qu'on appelle *éclat adamantin*. Il a pour densité 3,52. C'est le plus dur de tous les corps naturels; il les raie tous et n'est rayé par aucun d'eux. Il se clive parallèlement aux faces de l'octaèdre régulier; il a un indice de réfraction considérable, 2,42, ce qui lui permet de réfléchir toute la lumière qu'il reçoit, lorsqu'il est convenablement taillé. De plus, il renvoie cette lumière décomposée en couleurs vives, à cause de son fort coefficient de dispersion qui les sépare franchement les unes des autres

Fig. 215. — Soufre natif en octaèdre orthorhombique.

La seconde variété de carbone naturel et pur porte le nom de *Graphite*; elle est toujours opaque et aussi tendre que le Diamant est dur.

217. **Graphite**. — Carbone à peu près pur. Forme cristalline : des lamelles hexagonales. Couleur : gris de fer ou de plomb. Éclat : métallique. Toucher : doux. Très mou, il s'aplatit sous le pilon; il est rayé par l'ongle; il laisse sur le papier une trace d'un gris noirâtre. Il est souvent mêlé de matières terreuses, de sable, d'oxyde de fer. Il est inattaquable par les acides. Infusible au chalumeau, il brûle très difficilement, très lentement, à une haute tempéra-

ture, beaucoup plus facilement dans un courant d'oxygène. En l'attaquant à plusieurs reprises par un mélange d'acide azotique et de chlorate de potasse, on obtient des paillettes jaunes d'acide graphitique. Il forme des filons, des amas.

218. **Anthracite.** — Contient 90 % de carbone en moyenne; il est souvent mélangé de silice, d'alumine, d'oxydes de fer; la densité moyenne est de 1,4. Il est d'un noir un peu jaunâtre; l'éclat en est vitreux ou demi-métallique, à peu près celui du coke; parfois il s'irise; il a une dureté ordinairement inférieure à celle du calcaire, et la cassure conchoïdale. Il brûle, mais dans de forts courants d'air; il décrépite en brûlant, se brise en petits éclats dans les fourneaux et y gêne la circulation du vent des soufflets. Chauffé avec le nitre, il détone. Il perd à la distillation un peu d'eau, de petites quantités de matières gazeuses, non inflammables. Les variétés principales sont: *Anthracite compact*, *A. scoriacé*, *A. bacillaire*, *A. ligniforme*.

219. **Houille** (*Coal*, angl.; *Steinkohle*, all.); *Charbon de terre*. — D'un beau noir brillant, d'un noir de velours, ou d'un noir de poix. Chauffée dans un creuset couvert, la Houille perd de 9 à 23 % de matières volatiles, qui consistent en carbures d'hydrogène, hydrogène, azote, en combinaisons du soufre avec l'hydrogène et l'ammoniaque, en goudrons faciles à condenser. La densité moyenne est de 1,35; la poussière en est noire ou d'un brun très foncé. Elle brûle avec flamme au chalumeau, et en dégageant une odeur qui rappelle celle du bitume; elle s'éteint, le plus ordinairement, aussitôt qu'on la retire du feu. La Houille distillée fournit le gaz d'éclairage, d'autant plus éclairant

qu'il renferme plus d'oxygène par rapport à l'hydrogène, et un résidu poreux à éclat métallique, appelé *Coke*. M. Burat en divise les variétés en *houilles maigres anthraciteuses*, d'un noir éclatant, brûlant avec une flamme courte, mais blanche, contenant de 90 à 92 °/₀ de carbone, 3 à 4 °/₀ d'hydrogène, 5 à 6 d'oxygène; *houilles demi-grasses*, *charbons de grilles*, dont les fragments brûlent avec une flamme courte et blanche, mais en prenant la forme de chou-fleur, et en s'agglutinant; *houilles grasses maréchales*, fragiles, ou charbons de forges, dont les fragments se collent au feu, en faisant la voûte dans les foyers de forge, et dont la flamme est longue, jaunâtre, fuligineuse, lorsque le tirage n'est pas assez vif; *houilles à gaz*, contenant le maximum d'hydrogène, de 5,2 à 5,8 °/₀, et parmi elles le *cannel-coal*, compact, à éclat céroïde, d'un noir de poix, sonore, léger, susceptible d'un beau poli, qui n'est pas pyriteuse, et qui brûle avec une flamme longue et blanche; enfin, *houilles maigres à longue flamme*, plus ternes, à poussière d'un noir plus rougeâtre, brûlant avec une flamme longue et claire, et laissant un coke friable et léger.

De la houille se dégage trop souvent, dans les mines, le grisou, gaz formé d'hydrogène protocarboné. C'est de la houille distillée que l'on retire tant de produits ammoniacaux et le *goudron de houille*.

Ce combustible, d'origine végétale, se trouve surtout dans les terrains *carbonifères*. Il y forme des lits nombreux et minces, alternes avec des schistes et des grès, dans les grands bassins de la Belgique; des couches moins étendues, plus puissantes, qui reposent sur un conglomérat grossier, dans le centre de la France.

220. **Lignites** (*Brown coal*, angl. ; *Braunkohle*, all.); *Bois fossile*, *Bois bitumineux*, *Jayet*, *Lignite terreux*. — Poussière d'un brun jaunâtre, quelquefois foncé. Couleur brune ou d'un noir de poix. Eclat gras ou mat; poussière sans éclat. Densité : de 1,1 à 1,2. Il brûle facilement, sans fondre; une fois allumé, il continue à brûler pendant quelque temps, comme du charbon de bois. A la distillation, il donne beaucoup d'eau, de matières bitumineuses, d'acide pyroligneux, et plus d'alcool que le bois ordinaire. Il contient de 55 à 75 °/₀ de charbon. Il colore en brun la lessive de potasse, en lui abandonnant de l'acide ulmique.

Variétés : L. compact, susceptible d'un beau poli, fournit un bijou de deuil, le Jayet; L. fibreux, où l'on reconnaît aisément la structure du bois ; L. terreux, d'un brun noirâtre ou d'un brun de girofle, qui fournit la *Terre d'Ombre* ou *Terre de Cologne*, employée dans la peinture grossière.

221. **Tourbe** (*Turf*, angl. ; *Torf*, all.). — Agglomération de végétaux, dont l'altération consiste en ce qu'ils renferment plus de carbone que le bois, environ 55 °/₀. Elle donne à la distillation 25 °/₀ environ de goudron, et à peu près 15 d'acide pyroligneux libre ou combiné à de l'ammoniaque. Elle brûle avec ou sans flamme, mais avec dégagement de fumée d'une odeur piquante. En Angleterre et en Suisse l'on a découvert dans plusieurs tourbières des pièces de monnaie et des armes d'origine romaine. Densité moyenne : celle de l'eau.

222. **Ulmine.** — Se produit aux dépens des végétaux devenus terreux, par altération, dans les marécages. Après dessiccation, l'Ulmine pure est vitreuse, fragile,

d'un noir luisant, insoluble dans l'eau, et soluble dans l'alcool, ainsi que dans les alcalis, qu'elle sature. Elle brûle avec flamme et en se boursouflant.

Hydrocarbures liquides, solides, mais amorphes et facilement fusibles. On les divise en suifs de montagne, cires, poix et bitumes.

223. **Bitumes.** — Plus riches en hydrogène que la houille.

224. **Naphte** (*Naphta*, angl. et all. ; *Bergöl*, all.). — C'est un hydrogène carboné, liquide, transparent, léger, incolore, soluble dans l'éther et peu dans l'alcool ; il dissout les résines et l'asphalte. Il est très inflammable à distance, donnant une flamme bleuâtre et une fumée épaisse. Il est rare à cet état. A l'air il devient visqueux, brun, et prend les caractères de l'Asphalte. Il a l'odeur bitumineuse. Il contient 88 de charbon pour 12 d'hydrogène.

225. **Pétrole.** — Bitume visqueux, qui abandonne par la distillation du Naphte et de l'Asphalte. L'on en voit exsuder des parois des roches autour de la mer Caspienne. Aux États-Unis, il découle de même des roches du silurien inférieur, et se rassemble dans des cavités souterraines, d'où il remonte en sources jaillissantes. Au Canada, la source paraît en être dans le dévonien inférieur. L'on suppose, d'après M. Dana, que l'huile de Pensylvanie, de l'Ohio, du Michigan, a sa source dans le dévonien moyen. L'on en retrouve dans des terrains plus récents, jusque dans des terrains tertiaires, où elle paraît provenir de la décomposition des matières organiques végétales.

226. **Asphalte.** — Bitume solide, noir foncé, brillant ; il se distingue de la houille par sa cassure plus parfai-

tement conchoïdale, fragile. Il brûle avec une flamme claire, mais en donnant beaucoup de fumée. Il se dissout dans le naphte et dans l'éther.

Malthe ou *Pissasphalte*. Goudron minéral. Visqueux, il paraît un mélange d'asphalte et de pétrole.

227. **Résines fossiles.**— Succin. Ambre jaune, mêlé de vert, de rougeâtre. Chauffé dans un petit matras, il fond un peu au-dessous de 300°, coule comme de l'huile, puis brunit, et dégage de l'eau, une huile essentielle et de l'acide succinique, qui se condense dans la partie froide du tube en petites aiguilles cristallines.

Certaines roches contiennent tant d'huiles bitumineuses qu'on les place d'un commun accord à la suite des bitumes.

228. **Succinite.**— Cette résine a toutes les propriétés extérieures du succin, couleur jaune de miel ou roussâtre; mais elle est un peu plus fusible et surtout elle ne contient pas d'acide succinique; elle est beaucoup plus communément répandue que l'ambre ou succin proprement dit.

229. **Schistes bitumineux** (*Brandschiefer*).— 1° Schistes de nature argileuse, imprégnés d'une telle quantité de bitume, qu'ils brûlent avec une flamme épaisse. Ils s'enflamment facilement. Souvent ils contiennent des fossiles végétaux. Ils sont d'un noir de poix ou bruns. Ils se trouvent plus particulièrement dans le terrain houiller : en France, à Decize, à Commentry, etc.; en Écosse, à Bathgate, entre Édimbourg et Glasgow; dans le terrain permien : aux environs de Muse, près d'Autun, en France; dans le dévonien : aux îles d'Orknay; dans le lias du Wurtemberg, à Boll, etc. Le charbon de Bathgate (*Bogheadkohle*), dont

la schistosité n'est pas très apparente, donne à la distillation 35 à 36 °/₀, en moyenne, d'huile minérale (*huile de pierre* ou *de schiste*). — 2° *Trass inflammable*, d'un gris brunâtre, formé de cendres trachytiques, mais très riche en matières bitumineuses, à Ménat (Puy-de-Dôme), et qui brûle facilement. — 3° *Dusodyles* ou *Stercus Diaboli*, *Papierkohle*, qui se divisent en feuillets aussi minces que du papier, qui ont la sonorité du carton, et qui brûlent avec une odeur que l'on a de la peine à supporter. D'un gris jaunâtre ou verdâtre, ils apparaissent en lits accidentels, dans les terrains tertiaires, à Vieure, près de Cosne (Nièvre) ; aux environs de Narbonne, etc. Une partie de leur silice provient de carapaces d'infusoires. — 4° Marnes inflammables, s'enflammant facilement. Marnes des environs de Grenoble (Isère) ; elles font effervescence avec les acides.

230. **Ozokérite**, ou cire odorante. — Cet hydrogène carboné est assez abondant en Gallicie, en Angleterre, à la mine d'Urpeth, près de Newcastle, etc. Fusible vers 60°, presque molle quand on la presse entre les doigts, l'*Ozokérite* a une odeur bitumineuse, mais agréable. Elle est verte par réflexion et rougeâtre à la lumière transmise ; elle est soluble dans l'essence de térébenthine et brûle avec une flamme éclairante.

CINQUIÈME PARTIE

DÉTERMINATION PRATIQUE DES ROCHES

Méthode à suivre pour cette Détermination.

On observe d'abord ce qu'on appelle les caractères extérieurs de la roche, sa couleur, son éclat, sa structure, son facies.

L'éclat peut être métallique ou terreux, brillant ou terne. Si la roche contient une certaine quantité des métaux précieux ou communs, elle offre en général un éclat plus ou moins métallique, et, en outre, une assez grande densité. On examine la couleur de la matière, d'abord en masse, puis, après qu'on l'a pulvérisée, en la broyant dans un mortier d'agate, en faisant adhérer un peu de la poussière obtenue ainsi au bout du doigt qu'on frotte sur une feuille de papier blanc; on se contente ordinairement de frotter la masse sur un disque de porcelaine non couvert de son vernis (oxydes et sulfures métalliques).

Puis on essaie la dureté, comme il a été dit plus haut (p. 12), ce qui permet de reconnaître qu'on a affaire à des silicates.

La roche peut avoir l'éclat terreux ou pierreux; on cherche si elle possède une structure cristalline et

grenue, ou cristalline à éléments indistincts, ou porphyrique, ou vacuolaire et spongieuse, ou globuleuse, ou vitreuse ayant l'éclat du verre ou d'un émail, ou schisteuse (*voy.* p. 156 et suivantes).

Elle peut être simple ; dans ce cas, la détermination d'une très petite parcelle suffit pour faire connaître la masse tout entière ; si elle est visiblement complexe, il faut en déterminer les uns après les autres tous les éléments ; le plus souvent, les roches simples en apparence ne le sont plus, lorsqu'on les examine à des grossissements un peu considérables. Une fois qu'on a constaté les caractères que nous venons d'indiquer, on procède à des essais plus précis ; la recherche de la densité ; constatation des propriétés optiques, des caractères chimiques.

La mesure des densités a été étudiée page 7.

Caractères optiques.

Pour observer les caractères optiques, comme nous l'avons dit, p. 84, il est utile de tailler les roches en plaques assez minces pour que leurs éléments ne se colorent plus entre des nicols croisés, lorsqu'on veut mesurer exactement les angles des lignes d'extinction et de celles qui forment les contours des sections déterminées dans chacun de ces éléments par la section générale de la masse qu'ils composent.

Après un peu d'exercice, on arrive à reconnaître assez facilement dans une roche les cristaux de feldspaths à faces planes et généralement brillantes, plus dures que la pointe d'un burin, fusibles en esquilles minces au chalumeau, insolubles dans les acides (ex-

cepté l'Anorthite). On a intérêt à savoir à quel feldspath on a affaire. Une section mince, parallèle au clivage facile (p) permet de distinguer l'orthose des autres feldspaths, puisque l'extinction s'y fait parallèlement et perpendiculairement à la trace du second clivage (g^1) sur le clivage p. Avant d'être polie, une plaque p d'un feldspath plagioclase montre ordinairement des stries parallèles à g^1; au microscope, on y voit, quand elle a été amincie, des bandes hémitropes qui s'éteignent pour des rotations différentes de la lame mince, comme il a été dit aux différentes espèces de feldspaths. Si la plaque est parallèle au clivage g^1, on mesure l'angle des lignes d'extinction avec l'arête pg^1, ou les traces des clivages parallèles à cette arête, qui se manifestent ordinairement sur la lame par de petites fissures, ou dont on a noté la direction avant de tailler cette lame. Nous rappellerons que cet angle pour la ligne d'extinction la plus rapprochée de pg^1 est de 14° au moins et de 21° au plus, voisin ordinairement de 20° dans l'Albite; qu'il varie de 3° à 12° dans l'Oligoclase, de 16° à 28° dans les Labradors; qu'il dépasse 30° dans l'Anorthite.

Lorsque la direction de l'élément est inconnue, il faut observer les formes de ses différentes sections, les différents angles d'extinction qui leur correspondent, et la détermination n'est jamais aussi certaine; encore ne peut-elle être faite que par des observateurs exercés.

Pour les minéraux noirs ou verts dans la roche (augite, amphibole, diallage, hypersthène, enstatite, péridot, mica), nous en avons suffisamment parlé en décrivant ces différentes espèces minérales.

Nous ferons seulement observer qu'on cherche au-

tant que possible à y distinguer les traces des plans de clivage *m* qui se coupent sous des angles de 124° et de 56° sur la section droite des prismes d'amphibole, sous des inclinaisons de 87° et 93° pour la même direction dans les cristaux d'augite, d'hypersthène, d'enstatite, de diallage.

Les cristaux de mica se clivent mal généralement perpendiculairement à la base sous des angles de 120° et de 60°; au contraire, ils ont un clivage basique facile qui les distingue de ceux d'amphibole. Les angles des traces de clivages dans ces différentes espèces pour des directions quelconques permettent, en général, de faire une première détermination approchée qui est rendue plus nette par la mesure des angles que forment les traces de ces clivages avec les lignes d'extinction. Les lignes d'extinction se trouvent parallèles aux traces des plans de clivage dans l'enstatite et l'hypersthène, pour des directions parallèles à l'axe vertical de leurs prismes; elles sont, en général, obliques dans les mêmes circonstances pour l'augite et la diallage. Mais la diallage est caractérisée par son clivage h^1 plus facile que les clivages *m* et faisant avec eux des angles de 133°. On s'aide encore du dichroïsme (*voy.* p. 138).

Caractères chimiques.

Les essais chimiques sont dirigés de deux manières différentes, suivant qu'on pense avoir affaire à un minerai ou à une roche proprement dite de nature pierreuse.

Pour une matière qui paraît être un minerai, on la

broie avec du carbonate de soude. A l'aide du chalumeau, on en chauffe une partie dans un trou pratiqué dans un morceau de charbon, et l'on peut obtenir un globule unique ou de petits globules disséminés qu'on recueille au fond du mortier en versant un peu d'eau et en laissant écouler par décantation les scories.

Si le globule est blanc, on le dissout dans l'acide nitrique et la solution donne avec l'acide chlorhydrique des grumeaux blancs solubles dans l'ammoniaque (*argent*), ou avec le bichromate de potasse un précipité jaune (*plomb*). Le globule d'argent est inoxydable; celui du plomb est ordinairement entouré d'une auréole de minium. Si le globule est formé d'*étain* métallique, il s'oxyde en poudre blanche, lorsqu'on l'attaque par l'acide azotique; traité par l'acide chlorhydrique, il donne un chlorure que le chlorure d'or précipite en pourpre (pourpre de Cassius).

On peut obtenir sur ce charbon un globule de *cuivre*. Celui-ci, traité par l'acide azotique, donne une liqueur verte que l'ammoniaque en excès colore en bleu.

On peut obtenir avec ou sans globule métallique sur le charbon une auréole blanche (*antimoine*). Au lieu de globule, on peut avoir produit sur le charbon une poudre métallique attirable au barreau aimanté (*fer*, *nickel*, *cobalt*), ou une auréole jaune à chaud, incolore à froid (*zinc*); on vérifie en versant sur l'auréole quelques gouttes d'azotate de cobalt et chauffant de nouveau; l'auréole prend une coloration d'un beau vert, qu'on appelle vert de Rinman.

Une seconde série d'essais au chalumeau permet de reconnaître un grand nombre de métaux. On contourne pour cela en une sorte de boucle fermée l'ex-

trémité d'un fil mince de platine qu'on chauffe fortement au chalumeau et qu'on trempe immédiatement dans du borax pulvérisé; puis, on fond le borax en y faisant adhérer une parcelle de la matière.

Cuivre. La perle se colore, prend au feu oxydant une coloration d'un beau vert émeraude qui tourne au bleu après refroidissement; au feu réducteur la couleur est d'un rouge brique, si on emploie une quantité suffisante de matière, et surtout si on aide à la réaction au moyen d'un fragment de papier d'étain, papier dont on enveloppe le chocolat.

Chrome. La perle est d'un vert émeraude au feu réducteur comme au feu oxydant, une fois refroidie; on peut vérifier ce résultat, en chauffant au chalumeau, sur une lame de platine, un mélange de la matière essayée et d'azotate de potasse; il se forme du chromate jaune de potasse soluble qui précipite en jaune par les sels solubles de plomb.

Manganèse. La perle est violette au feu oxydant, incolore au feu réducteur; on aide à la réaction au moyen d'un peu de papier d'étain; on vérifie ce résultat en portant à une température élevée, sur une lame de platine, un mélange de la matière et d'azotate de potasse broyés ensemble; il se forme du manganat, vert de potasse.

La perle est d'un beau bleu au feu oxydant comme au feu réducteur (*cobalt*); elle est d'un brun chocolat au feu oxydant, jaune au feu réducteur (*nickel*); elle est d'un bleu lilas au feu réducteur si on emploie assez de matière (*titane*).

L'on reconnaît l'alumine en la chauffant sur une lame de platine ou sur le charbon, après y avoir versé

quelques gouttes d'une dissolution étendue d'azotate de cobalt; à une température élevée, l'alumine se colore en bleu, à moins qu'elle ne contienne une forte proportion de fer qui fait tourner au vert sa coloration. La magnésie prend une couleur de chair dans les mêmes conditions; mais de petites quantités de fer masquent cette couleur sous une teinte noirâtre.

Un genre d'essais des plus utiles consiste à chauffer la matière mêlée à du carbonate de soude dans un petit matras fermé par un bout. Si elle contient des sulfures ou des sulfates, il se forme du sulfure de sodium qui, traité par un peu d'eau, légèrement acidulée, donne lieu à un dégagement d'acide sulfhydrique et noircit une lame d'argent, ou une bande de papier, imprégnés d'acétate de plomb.

Nous ne pourrions rappeler ici tous les caractères qu'on peut tirer de l'analyse par la voie sèche et qui ont été d'ailleurs exposés à chacune des espèces de minéraux ou de roches décrites dans cet ouvrage.

Coloration de la Flamme.

Nous en mentionnerons cependant un seul qui fournit des indices précieux, et dont nous n'avions pas eu occasion de parler : celui de la coloration de la flamme.

On se sert, pour cette recherche, du gaz d'éclairage, qu'on fait arriver dans un bec, dit de Bunsen, coiffé ou non d'une cheminée, comme ceux qui sont employés dans l'analyse spectrale. On place une esquille de la matière qu'on essaie dans une boucle qu'on forme au bout d'un fil de platine. On porte cette

boucle d'abord à la base de la flamme dans son enveloppe extérieure, oxydante, à environ 5 millimètres du bec nu; puis, coiffant le bec de sa cheminée, on porte de nouveau la matière à environ 1 centimètre au-dessus de cette cheminée, à peu près à l'extrémité de la pointe bleue de la flamme, dans sa partie chaude. Souvent aussi, pour ce second essai, on broie la matière avec du sulfate de chaux ou du chlorure de calcium.

On sait d'ailleurs que la flamme est colorée en jaune par la soude, en violet par la potasse, mais que, la coloration de la soude voilant celle de la potasse, il faut, en général, regarder la flamme au travers d'un ou deux verres légèrement colorés en bleu, qui éteignent, au contraire, la coloration jaune de la soude, et permettent d'apercevoir une coloration rose, lorsque la matière contient de la potasse.

En suivant cette marche appelée *procédé Szabo*, en l'honneur du savant qui l'a réglementée, on peut estimer approximativement les proportions de soude et de potasse contenues dans la matière, suivant que, dans chacun de ces essais, on voit les colorations occuper le bord ou la moitié de la flamme, ou même l'envahir tout entière dans chacun des essais indiqués plus haut.

Dosages de la Potasse et de la Soude.

Il est tellement important de déterminer les proportions de potasse ou de soude contenues dans les matières inattaquables par les acides, que nous indiquerons encore le procédé de Lawrence Smith, qui permet de faire les analyses au moyen du gaz d'éclairage. L'ap-

pareil se compose d'un long creuset de platine qu'on coiffe d'une cheminée convenable. Les réactifs sont pour 0gr 5 de matière : 0gr 5 de chlorhydrate d'ammoniaque et 4 gr. de carbonate de chaux très pur. Il se forme à une température élevée des chlorures alcalins; après avoir chauffé pendant 20 à 30 minutes le mélange, on le traite par l'eau bouillante, et l'on filtre. Dans la liqueur, on précipite la chaux par le carbonate d'ammoniaque auquel on ajoute un peu d'ammoniaque. A la fin, il est prudent de verser quelques gouttes d'oxalate d'ammoniaque. La liqueur filtrée ne contient que des chlorures alcalins. On reconnaît la potasse au précipité jaune qu'elle donne avec le chlorure de platine et qu'on peut peser après l'avoir séparé par une filtration. Les traités d'analyse chimique font connaître les précautions à prendre pour séparer ce précipité de chlorure double de platine et de potassium.

Cela suppose qu'on a fait une seconde attaque de la matière au moyen du carbonate de soude au creuset de platine chauffé, pendant une bonne demi-heure au moins, au rouge cerise, ou bien au moyen de la potasse caustique au creuset d'argent chauffé au rouge sombre, pendant un quart d'heure. Les silicates désagrégés sont attaqués par l'acide chlorhydrique concentré, qui forme des chlorures d'oxydes terreux ou alcalins; on évapore à siccité; la silice devient insoluble dans l'acide chlorhydrique; on reprend par l'acide chlorhydrique concentré, en ajoutant un peu d'acide nitrique pour porter le fer au maximum d'oxydation, et dissolvant tout ce qui est soluble dans l'eau distillée; on filtre, on retient sur le filtre la silice; on dessèche le filtre, on le pèse. Dans la liqueur, on précipite l'alumine au

moyen de l'ammoniaque; on met le filtre à l'étuve; on le calcine et on le pèse. Puis, on verse dans la liqueur filtrée de l'oxalate d'ammoniaque pour précipiter la chaux, s'il y en a. On laisse la précipitation s'effectuer complètement dans une étuve tiède pendant 24 heures. On recueille l'oxalate de chaux sur un filtre qu'on dessèche, qu'on calcine et qu'on pèse. Dans la liqueur, on verse enfin du phosphate de soude qui précipite à froid, en 24 heures, la magnésie à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien.

Le but de cet ouvrage n'étant pas l'analyse chimique, nous renvoyons le lecteur aux livres spéciaux, où ils trouveront les détails du meilleur procédé d'analyse des silicates, qui a été imaginé par H. Sainte-Claire Deville. Ce procédé a pour principe l'attaque des silicates par la chaux; il permet de doser au moyen d'une seule attaque la silice, l'alumine, la magnésie et les oxydes alcalins; mais, comme il exige de très hautes températures, il suppose un laboratoire où se trouvent les traités d'analyse qui en indiquent exactement les diverses opérations.

En terminant, nous signalerons encore le procédé de M. Boricky, au moyen duquel on peut facilement reconnaître qu'un feldspath contient ensemble ou séparément de la potasse, de la soude, de la chaux.

Ce procédé consiste à faire adhérer un fragment très mince de la matière sur une lame de verre au moyen d'une très petite quantité de baume de Canada qu'on chauffe légèrement. La face supérieure du fragment qu'on essaie ayant été préalablement polie, on y dépose une goutte d'acide hydrofluosilicique rigoureusement pur. On abandonne ensuite le tout à l'air humide pen-

dant une journée sous une cloche de verre auprès d'une capsule qui contient de l'eau; il se forme des hydrofluosilicates. On porte alors la lame de verre sous une cloche renfermant du chlorure de calcium, de l'acide sulfurique, etc. Après quelques heures, on voit les hydrofluosilicates cristallisés; on les observe au microscope. Celui de potasse est cubique et sans action sur la lumière polarisée à la température ordinaire; celui de soude est hexagonal; celui de chaux appartient aux systèmes cristallins obliques; il apparaît en espèces d'arborescences et, mêlé à la gelée de silice et d'alumine qui s'est formée en même temps, il la rend trouble et laiteuse.

TABLEAU I. — TABLEAUX SYNOPTIQUES REPRÉSENTANT LA COMPOSITION MINÉRALOGIQUE ET LA STRUCTURE DES ROCHES SILICATÉES CRISTALLINES.

			TYPE GRANITIQUE STRUCTURE		TYPE PORPHYRIQUE STRUCTURE		TYPE TRACHYTIQUE	TYPE VITREUX
			Grenue proprement dite	*Schisteuse*	Compacte	*Schisteuse*		
ROCHES FELDSPATHIQUES — ORTHOSE DOMINANT	Avec quartz et micas ; quartz	récent seul	*Granite* et *Micrognite.*	*Gneiss*	*Porphyres quartzifères*	....	....	*Obsidienne* *Retinite* *Pertite*
		ancien et récent à la fois.	*Granulite* et *Microgranulite.*	Id.	Sans cristaux isolés *Petrosilex*	*Schistes euritiniques*	*Liparites*	....
	Avec quartz aligné ordinairement ; mica accidentel		*Pegmatite.*		Avec cristaux d'Orthose seul *Porphyres*	....	*Trachytes* *Domites*	....
	Sans quartz	avec Éléolithe, Mica.	*Miascite.*	....	....	....	....	....
		avec Éléolithe, Sodalithe.	*Ditroïte.*	....	....	....	....	....
		avec Néphéline.......	....	....	....	....	*Phonolithes*	....
ROCHES FELDSPATHIQUES — PLAGIOCLASE DOMINANT	Oligoclase, Orthose et Mica................		*Minette.*	*Leptynite.*	*Oligophyre*	....	....	....
	Sans quartz...........		*Kersanton.*	....	....	....	*Andésites**	....
	Avec quartz..........		*K. quartzifère.*	....	....	....	*Dacites*	....
	Avec Mica grenat cordiérite............		*Kinzigite.*	....	....	....	....	....

* Les Andésites pourront se subdiviser en Trachyandésites, Trachyoligoclasites, lorsqu'on aura bien établi la distinction des Feldspaths plagioclases.

TABLEAU II.— TABLEAUX SYNOPTIQUES REPRÉSENTANT LA COMPOSITION MINÉRALOGIQUE ET LA STRUCTURE DES ROCHES SILICATÉES CRISTALLINES.

			TYPE GRANITIQUE STRUCTURE		TYPE PORPHYRIQUE	TYPE TRACHYTIQUE	TYPE vitreux
			Grenue	*Schisteuse*	*Porphyres syénitiques*		
ROCHES AMPHIBOLIQUES	ORTHOSE DOMINANT	Sans quartz....	*Syénite*				
		Avec quartz...	*S. quartzifère*	*Schistes amphiboliques*			
		Avec mica.....	*Granite amphibolifère*				
		Avec zircon....	*Syénite zirconienne*				
		Avec Eléolithe.	*S. éléolitique*	....	....	*Phonolites* à *Amphibole*	
		Sans Amphib...	*Amphibolite*				
	PLAGIOCLASES DOMINANTS	Sans quartz....	*Diorites*	....	Sans cristaux isolés. *Aphanite.*	*Andésites* * à *Amphibole*	
		Avec quartz		....	à cristaux séparés	Avec quartz *Dacites à Amphib.*	
		et mica brun.	*Tonalite*	....	de la pâte...... *Porphyre dioritique.*		
		Avec Eléolithe	*Diorite éléolhitique.*	....			
		Pyroxène seul	*Roche d'Augite* (e. ccolithe)	*Schistes augitiques*	*Plagiophyres* avec leurs Wackes et Spilites		
		Prétertiaires	*Ophitones* ou *Diabases*				

* Même remarque qu'au tableau précédent.

			STRUCTURE				
			Grenue	Schisteuse	Porphyrique	Compacte, partiellement vitreuse	Vitreuse
ROCHES PYROXÉNIQUES	Prétertiaires	*Pyroxène* seul	*Roche d'Augite* (coccolithe)	*Schiste Augitique*		....	......
		Avec *Plagioclases*	*Ophitone* ou *Diabases*	....	*Plagiophyres* à *augite*, *Wackes*, *Spilites*	....	......
	Jeunes. Type	*Trachytique*	*Andésites à Augite*	....	....	....	......
	—	....	*Dolérites*	....	....	*Basaltes*	*Gallinace*
	Basaltique. Ordinairement du *Péridot*	....	*Mimosites*				
		avec *Amphigène*	....	....	....	*Amphigénites* *	......
		avec *Néphéline*	....	....	....	*Néphélinites* **	......

* et ** On peut avec MM. Fouqué et Michel-Lévy diviser ces roches en :

Roches à structure	granitoïde	formées de *Néphéline*, *Leucites*, *Plagioclases* (Fer titané, Chlorite, Calcite, Apatite)	avec *Amphibole*.	*Teschénites* à *Amphibole*.
			— *Pyroxène*..	*Teschénites* à *Pyroxène*.
	trachytique	*Néphéline* dominante, *Plagioclases*	....	*Téphrite*.
			avec *Péridot*...	*Téphrite* à *Olivine*.
		Leucite dominante, *Plagioclases*, *Augite*.	....	*Leucotéphrite*.
			avec *Péridot*...	*L.* à *Olivine*.

TABLEAU IV.— TABLEAUX SYNOPTIQUES REPRÉSENTANT LA COMPOSITION MINÉRALOGIQUE ET LA STRUCTURE DES ROCHES SILICATÉES CRISTALLINES.

ROCHES DIALLAGIQUES :

Plagioclases; Diallage dominante, *Pyroxène*.................... .... *Gabbros* et *Euphotides.*
Pyroxène ou *Diallage* et *Grenat*.................................. *Eclogite.*

ROCHES HYPERSTHÉNIQUES :

Hypersthène ou *Enstatite Plagioclases*. .... *Norite* et *Hypérites.*

ROCHES A PÉRIDOT

à *Péridot* seul (Fer chromé)... *Dunite.*
avec *Enstatite, Diopside*, etc...................................... *Lherzolithe.*

ROCHES SERPENTINEUSES :

Serpentine seule.. *Serpentine.*
avec *Péridot*.. *S. à olivine.*

ROCHES MICACÉES TALQUEUSES, ETC.

Voir les descriptions.

APPENDICE

APERÇU LITHOLOGIQUE DU GLOBE AUX DIFFÉRENTS AGES DE SA FORMATION.

Cette esquisse rapide de la Constitution lithologique du globe à ses différents âges nous permettra de suivre la formation des roches qui le composent.

I. — Roches superposées.

Nous appellerons ainsi celles qui sont placées les unes sur les autres, par opposition aux roches massives ou éruptives qui les traversent. Il ne serait pas possible de les observer toutes dans la même région; mais les mouvements du sol les ayant portés souvent à des hauteurs différentes, en partant d'une contrée basse, on peut examiner

une à une les assises qui, sortant les unes de dessous les autres, présentent successivement leurs tranches à mesure qu'on atteint des régions plus élevées. On détermine leur âge relatif, soit par leur ordre de superposition, soit grâce aux fossiles, c'est-à-dire aux êtres organisés, dont elles renferment les restes, l'observation ayant montré que les êtres de même type ont été à peu près universellement contemporains.

Nous rappellerons qu'un Congrès géologique international va s'ouvrir cette année à Berlin, continuant ceux de Paris (1878) et de Bologne (1881), où les géologues doivent s'entendre au sujet de l'unification du coloriage des cartes et de la nomenclature des divisions à établir dans les dépôts et les masses minérales qui composent la partie solide du globe terrestre.

Le Comité français a adopté les divisions suivantes, qu'il présentera au mois de septembre à l'examen du Congrès. En regard de ces grandes divisions, est indiquée la couleur qu'il propose pour chacune d'elles. Les divisions ou groupes de premier ordre ont été appelés **Séries.**

Série	Étage	Subdivision	Couleur
Série primitive	**I. Gneiss** granitoïde		Rose terne.
	II. Gneiss feuilletés et micaschises, gniess amphiboliques et Cipolins; chloritoschites		Rose pâle.
Série primaire.	**III. Schistes.**	plus ou moins cristallins avec fragments roulés de roches préexistantes (partie du pré-cambien des Anglais et des Phyllites des Allemands	Gris rougeâtre.
	IV. Silurien.	IV*a* (Cambrien, faune primordiale)	Brun rouge foncé.
		IV*b* (faune seconde)	— moyen.
		IV*c* (faune troisième)	— pâle.
	V. Dévonien.	V*a* Dévonien inférieur	Brun rose foncé.
		V*b* Dévonien moyen	— moyen.
		V*c* Dévonien supérieur	— clair.
	VI. Carbonifère.	VI*a* Calcaire carbonifère	Gris bleu.
		VI*b* Millstone gritt. Houiller inférieur	Gris.
		VI*c* Houiller supérieur (Plateau Central) Alpes, Palatinat	Gris pâle.
	VII. Permien.	VII*a* Schistes d'Autun et grès à Walchia.	Sienne brûlée.
		VII*b* Grès à Ullmannia et Zechstein	Sépia.
Série secondaire.	**VIII. Trias.**	VIII*a* T. inférieur	Violet foncé
		VIII*b* T. moyen	— moyen.
		VIII*c* T. supérieur	— clair.
	IX. Jurassique.	IX*a* Rhétien (Hettangien compris)	Bleu très foncé.
		IX*b* Lias	— foncé.
		IX*c* Oolithe inférieure	— moyen.
		IX*d* Oolithe supérieure(Callovien compris)	— clair.
	X. Crétacé.	X*a* Crétacé inférieur	Vert foncé.
		X*b* Crétacé supérieur	— clair.
Série tertiaire.	**XI. Eocène.**	(Flisch compris)	Jaune foncé.
	XII. Miocène.	(Depuis le début du Tongrien jusqu'au-dessus des couches à Hipparion de Pikermi)	Jaune moyen.
	XIII. Pliocène.	. . . .	Jaune pâle.
Série quaternaire.		XIV*a* Quaternaire	Jaune de Naples.
		XIV*b* Actuel	Blanc.

A. **Série primitive.** — Elle comprend des roches ordinairement cristallines, à structure feuilletée. On ne sait pas encore exactement, suivant nous, ce qu'elles étaient à l'époque première de leur formation.

Après la solidification des parties les plus extérieures du globe, l'eau a dû exercer, à mesure qu'elle prenait l'état liquide, son double rôle chimique et mécanique. D'un autre côté, la croûte encore mince de la terre livrant facilement passage aux vapeurs et aux dissolutions minérales chaudes qui la traversaient en tous sens, il s'est opéré une transformation chimique de ses éléments, pendant que sous l'influence des actions mécaniques produites par ses inflexions, ses plissements et les tensions, les pressions connexes, elle acquérait une structure nouvelle.

Comme aucun être organisé ne paraît avoir pu se développer dans les assises qui se constituaient à cette époque, puisqu'aucun d'eux n'y a laissé de traces incontestables, on en désigne souvent l'ensemble par la dénomination de *roches azoïques*. On peut l'appeler simplement *sol fondamental*, en ce sens qu'il forme le substratum cristallin des couches et des dépôts formés pendant les âges postérieurs.

On y observe à la base, des *gneiss*, souvent granitoïdes, à mica riche en magnésie, mêlés à des *leptynites* (Plateau central, axe des Vosges), à des *calcaires saccharoïdes* (Pyrénées), à des *amphibolites* en même temps qu'à des *leptinytes* (Morvan).

Ces gneiss sont généralement chargés de *micaschistes* (Cévennes, montagnes des Maures, Alpes de l'Oisans ; Saxe, Silésie, Bavière). Dans l'Oisans, le gneiss est *amphibolifère ;* dans les Maures, les micaschistes prennent de l'amphibole). En Scandinavie, ce sont des *schistes euritiques* (Hälleflinta) qui recouvrent les gneiss (voy. p. 297).

Au gneiss et au micaschiste sont superposés des

schistes chloriteux (Bretagne), mêlés à des *schistes amphiboliques* (Alpes occidentales), quelquefois des *schistes à séricite* (Oisans) ou des roches analogues à facies talqueux (Lozère), ou, enfin, de *nouveaux gneiss* renfermant des micas magnésiens et muscovites. On voit aussi des *quartzites* et même des *serpentines* interstratifiés à différentes hauteurs, surtout dans les parties les plus élevées de la série.

B. **Série primaire.** — Elle comprend les subdivisions (appelées *Systèmes*) inscrites sous les nos III à VII, au tableau de la p. 461.

III. *Schistes* ou *phyllades satinés*, luisants, établissant la transition entre les micaschistes II et la subdivision IV de la série primaire.

C'est dans celle-ci qu'on aperçoit les premiers vestiges d'organisation. Elle est divisée en *terrains* qu'on appelle aujourd'hui *systèmes* et qui se subdivisent eux-mêmes en *étages*.

Avec les phyllades, alternant avec eux, apparaissent des *grès*, des *poudingues*, des *grauwackes*, des *quartzites*; ces phyllades sont souvent criblés de *filons* ou de *veines de quartz* et contiennent çà et là des lits *calcaires*. Telle est la composition pétrologique du système IV *a* ou cambrien. La facilité avec laquelle on peut séparer les feuillets des schistes qui forment la base du système leur a fait donner en Allemagne le nom de *phyllites*.

Système silurien. — Les continents se prononçaient de plus en plus; les masses minérales dont ce terrain se compose sont : des *schistes argileux*, souvent micacés, alternes avec des vraies ardoises ou *phyllades* et des *phtanites*. Le calcaire y devient de plus en plus

puissant. Un *grès lustré*, dur, rempli de fossiles appelés *bilobites*, se retrouve à la base du silurien, dans le nord-ouest de la France, en Espagne, etc. Les fossiles auxquels on a donné le nom de *graptolithes* et un *schiste ampélitique* caractérisent les assises supérieures. L'ensemble est caractérisé par les trilobites qui avaient déjà des représentants assez nombreux dans le cambrien. Il faut y mentionner le cuivre et l'argent natifs accompagnant les porphyres du Lac supérieur, (Amérique du Nord), les filons d'argent du Hartz, le cinabre d'Almaden.

Système dévonien. — Il conserve une assez grande analogie avec le précédent, au point de vue lithologique. Il est formé de *schistes* quelquefois *ampéliteux* ou *bitumineux* et de *psammites* (Ardennes; Boulonnais; Devonshire en Angleterre; Eifel en Allemagne; Espagne; Amérique du nord), qui renferment des *phyllades* dans quelques localités (Vireux, dans les Ardennes). On doit y signaler aussi des grès colorés en rouge, en brun chocolat (Amérique du Nord, Ecosse, Espagne) ou noirâtres (Sahara central); des poudingues, la *grauwacke* des bords du Rhin et de l'Ardenne, et enfin des bancs assez puissants de calcaire qui fournissent des *marbres*. A Givet (Ardennes), par exemple, de la base au sommet de la hauteur qui porte le fort de Charlemont, s'élève un marbre gris bleuâtre ou noirâtre, qui prend un beau poli; c'est aussi de Givet ou des environs que viennent le *marbre noir* dit *Charlemagne* et l'un de ceux qu'on appelle *Sainte-Anne*. Les carrières de la région de Caunes (Montagnes Noires) sont célèbres pour leur marbre *griotte*, formé d'un calcaire blanc compact et de

schiste d'un rouge sombre avec traces de nautiles et de goniatites; celles de la vallée de Campan et de Cierp, environs de Saint-Béat (Pyrénées), le sont pour leurs belles roches, formées d'amandes calcaires agglomérées par un schiste vert (*marbre de Campan*), ou par un schiste rouge (*marbre* dit *chocolat*, *rouge antique*), etc. Déjà, au temps de Louis XIV et de Louis XV, on extrayait des carrières de Caunes un joli marbre d'un rose couleur de chair. Les trilobites s'éteignent à peu près dans le Dévonien, qui est caractérisé surtout par l'abondance de ses brachiopodes et de ses poissons hétérocerques à formes bizarres. On peut y citer les amas de pétrole du nord de la Pensylvanie, les minerais de zinc et de plomb d'Aix-la-Chapelle.

Système houiller. — Il débute en Belgique et dans le nord de la France par des calcaires auxquels appartiennent le marbre noir, appelé *petit granite des Ecaussines*, le marbre de Visé, aussi bien que le marbre un peu rosé du Boulonnais (*marbre Napoléon*), et ceux de Bretagne qui ressemblent au Sainte-Anne. Le calcaire domine également dans les couches inférieures en Irlande et dans l'Amérique du Nord. Dans le Hartz, la Silésie, la Moravie, le Devonshire, l'Irlande, les premiers dépôts consistent en schistes argilo-siliceux (schistes du culm) avec grès et calcaires. En Angleterre, dans le nord de la France et en Belgique, le terrain houiller proprement dit se compose surtout : 1° de grès à grains fins, micacés, avec débris et feldspath fréquemment kaolinisé (*arkose et métaxite* de Cordier); 2° de *schistes argileux* souvent micacés, noirs; 3° de lits de houille alternes avec les roches

30

précédentes et suivant leurs nombreux plissements. Les petits bassins qui bordent le Plateau central montrent à leur base des espèces de grès ou de conglomérats formés souvent de débris de porphyres quartzifères, plagiophyres, etc. Dans la Maurienne dominent des grès quartzeux, micacés, typiques, entremêlés de conglomérats grossiers et de schistes noirs. En Suisse et dans les Alpes, le grès houiller est cristallin; il a des couleurs vives et une structure en général schisteuse; on l'appelle *Verrucano*. Dans la région du Mont Blanc, c'est plutôt un *poudingue* (*à Valorsine* par exemple), renfermant de nombreux fragments de gneiss et de roches du massif cristallin.

Dans les Appalaches, la Nouvelle-Écosse, du gypse est subordonné au calcaire carbonifère.

En Russie, le terrain houiller a surtout un facies calcaire; il ne renferme un peu plus de houille que dans le bassin du Donetz, sur la pente ouest de l'Oural.

Souvent à la houille sont associées des lentilles ou rognons de *carbonate de fer argileux*, qui contiennent des restes organiques : plantes, poissons, reptiles, et qui sont quelquefois assez nombreux pour former des lits parallèles aux bancs de houille.

Système permien.— Il se relie par ses fossiles au système houiller. Au-dessus de la houille, dans le Palatinat et dans certaines régions des Vosges, se sont déposées les *pséphites*. En Angleterre, dans la Forêt-Noire, les Montagnes-Rocheuses, jusqu'en Nubie, on voit le système permien composé surtout de grès plus ou moins argileux.

Dans le Mansfeld, sur ces grès s'étendent les *schistes bitumineux cuprifères*, et au-dessus de ces derniers des

couches de *cargneule* (calcaire dolomitique très caverneux), de *dolomie* avec *gypse*, *anhydrite*, *sel gemme* (mines de Stassfurt, Prusse rhénane).

Ici se termine la série primaire caractérisée dans son ensemble par ses poissons hétérocerques, par les tribolites du silurien et du dévonien, et par la flore des systèmes carbonifère et permien.

C. **Série secondaire.** — *Système du trias.* — Dans les Vosges, au-dessus des pséphites et même là où ces roches font défaut, dominent des grès formés de sable grossier contenant des petits grains et de gros cailloux de quartz, brillants, couverts d'un enduit ferrugineux, souvent impressionnés, parfois cassés. Ce *grès*, appelé *vosgien*, constitue les montagnes aplaties et carrées qui entourent l'axe central de la chaîne. Dans leur partie supérieure, ces grès acquièrent un grain fin et deviennent souvent d'un *rouge amarante*, micacés, fissiles, passant à une argile bigarrée (Vosges, Franconie, Provence, Languedoc, Pyrénées, Amérique du Nord, une grande partie de la formation dite de Karoo, dans la région de la colonie du Cap, au sud de l'Afrique). En Angleterre, ils sont formés surtout de débris des roches primaires. Dans le Boulonnais, le Cotentin, ils passent à des *poudingues* ou à des *graviers;* dans le Morvan, ils sont accompagnés d'*arkose;* dans la Maurienne et sur le flanc occidental des Alpes, ils sont remplacés par des masses de *schistes lustrés* qui renferment du *gypse*, près de Modane, du *jaspe* aux bains de Saint-Gervais (Haute-Savoie).

Dans les Vosges, les grès supérieurs, dits *bigarrés*, sont recouverts par un calcaire d'un gris de fumée, riche en fossiles (cératites, encrines, etc.), appelé

muschelkalk, et celui-ci est lui-même surmonté d'argiles de couleurs vives appelées *marnes irisées*, qui souvent représentent seules le système triasique. Ce système est riche en amas de *gypse*, de *sel gemme*, *anhydrite*. On y rencontre aussi de la *dolomie*.

Système jurassique. — Il comprend deux grandes subdivisions : le lias et le jurassique proprement dit. Le lias commence par des *grès*, des *poudingues micacés*, des *arkoses*, puis il présente des *marnes*, quelquefois des *marbres* (pierre bleue et blanche de l'Yonne) ou des pierres à chaux (celles que les Romains ont exploitées dans la Meurthe et la Moselle), des *argiles schisteuses*, enfin de la *houille* dans les Carpathes.

Les principales roches du jurassique sont, dans l'ordre chronologique de leur formation : 1° des *grès* chargés souvent d'*oxydes de fer oolithiques*, quelquefois de *phosphate de chaux* (Normandie), puis des *calcaires* pétris de débris d'encrines, appelés *calcaires à entroques*, d'où on extrait des pierres de taille (carrières de la Grenouille, au Guétin, près Nevers; côte de Montbard, sur laquelle est bâti le château de Buffon [Côte-d'Or]; vieille cité de Langres, etc.); 2° des lits d'argile, dite *terre à foulon*, *fullers-earth* des Anglais; 3° des *calcaires oolithiques* ou *compacts*, exploités pour la construction dans les carrières de Bath (Angleterre); dans celles dites d'Allemagne, à une lieue de Caen, où une couche de 3 mètres de puissance a fourni des matériaux d'une grande durée et d'un travail facile pour es églises de l'Abbaye-aux-Dames, de Saint-Étienne de Caen, pour la plupart des églises normandes et même pour la Tour-de-Londres et la cathédrale de Cantorbéry; dans les carrières de Chémery (Ardennes), etc.;

4° les *argiles d'Oxford;* 5° le *coral-rag* ou *corallien*, d'où l'on retire tant de pierres utiles : *calcaires lithographiques* schisteux de Solenhofen (Bavière); pierres d'Euville et de Commercy (Meuse), à grain spathique et brillant; marbres jaunes et roses de Saint-Ylie, près Dôle, de l'Échaillon, près Grenoble; 6° l'*argile de Kimmeridge*, à ostrea virgula; 2° le *calcaire de Portland* employé jadis pour la construction de l'église Saint-Paul de Londres, exploité aussi en France, à Brillon et Chevillon, près Bar-le-Duc; enfin le *calcaire de Purbeck*, également fort apprécié des constructeurs.

Système crétacé. — Les roches les plus importantes de ce système sont, en suivant l'ordre de leur dépôt : dans l'est de la France des *calcaires compacts* (calcaires de Fontanil (Dauphiné), par exemple, et pierres à bâtir de Neuchâtel et Pontarlier; dans l'ouest, au pays de Bray, des argiles réfractaires, puis des sables. Dans plusieurs contrées, entre les deux divisions inférieure et supérieure du crétacé, on rencontre des sables et des grès contenant des fossiles dont le test a été remplacé par du phosphate de chaux (Perte du Rhône, à Bellegarde) ou enveloppé par des rodules de la même matière (Argonne). Ces sables sont recouverts dans le bassin de Paris par les *argiles du gault*.

Dans le crétacé supérieur les roches sont également très différentes dans les diverses régions, tandis qu'en Saxe et en Bohême, elles consistent surtout en *grès* glauconieux à la base, divisibles en parallélipipèdes, appelés *quadersandstein*, suivis de marnes et enfin de la craie proprement dite; dans les Pyrénées, la Provence et les Corbières, on voit surtout des *calcaires compacts* surmontés de marnes et d'argile; dans

le Maine et la Touraine, ce sont des *sables* sur lesquels est exploité la craie appelée *tufau*, calcaire à grains fins, assez tenace, et sur celle-ci la *craie;* dans le bassin de Paris, en général, au-dessus du gault, apparaît la *craie friable*, d'abord *glauconieuse*, puis *marneuse*, puis *blanche;* enfin, un calcaire plus résistant (calcaire de Maëstricht), *calcaire dit pisolithique* des environs de Paris.

D. **Série tertiaire.** — On y rencontre encore plus de diversité que dans les précédents. La division inférieure ou gocène présente dans le bassin de Paris une succession de dépôts marins ou d'eau douce : *conglomérats*, *argile plastique* et *sables*, puis le *calcaire grossier*, marin, mais renfermant quelques lits d'eau douce dans ses régions élevées, offrant à toutes les hauteurs d'excellentes pierres de construction (roche des Forgets à l'Isle-Adam, etc., lambourdes et moellons du banc royal, banc franc, cliquart, liais); enfin, au-dessus, de nouveaux sables, grès marins, puis de nouveaux calcaires d'eau douce (*C. de Saint-Ouen*), ces amas lenticulaires de gypse qui reposent sur des lits marins, mais qui ont été apportés dans leur bassin actuel par des eaux douces et qui sont si renommés sous le nom de *gypse des environs de Paris*. En Angleterre, les dépôts de cette époque sont surtout des *sables*, des *argiles* et de nouveaux sables correspondant ceux-ci à notre calcaire grossier; dans le midi de la France ils n'offrent guère que des *calcaires marins* qu'on distingue par leurs fossiles. Dans les Alpes, aux calcaires s'adjoignent des *schistes ardoisiers* (Maurienne), des *grès schisteux*, formant le *flysch*, avec *macigno*, grès tendre à ciment calcaire; dans la Bavière et le

Vicentin on ne trouve que des *calcaires* alternes avec des *tufs basaltiques*; en Afrique des *argiles* renfermant du *gypse*; dans l'Amérique du Nord des *lignites* (Mississipi), ou des *calcaires* et *des schistes* dans l'Alabama. On doit mentionner enfin les *dépôts sidérolithiques* ou argiles rouges renfermant des poches de fer pisolithique (dans le Jura et la Bresse), et du phosphate de chaux dans le Quercy (Caylux, etc.), le sel gemme, d'origine thermale, à Cardona (Catalogne).

Le miocène comprend dans le bassin de Paris les *sables de Fontainebleau*, marins, surmontés des *calcaires de la Beauce*, lacustres; en Touraine, il est représenté par les *faluns*, sables siliceux, mêlés de débris de coquilles; autour du Plateau central, par des *arkoses*, *des calcaires* et des *cendres basaltiques* agglutinées par du calcaire (*pépérites*); enfin, *par les lignites* de Ménat; dans les Alpes, les dépôts synchroniques sont des grès contenant du calcaire et de l'argile, qu'on taille facilement (*mollasse suisse*), et des conglomérats de cailloux de roches cristallines et de calcaire (*Nagelfluhe*); à Aix, en Provence, *un calcaire*; en Afrique, dans le Tell, une *mollasse coquillière;* aux monts Siwalik, au pied de l'Himalaya, des *conglomérats* associés à des *argiles*.

Le pliocène comprend des *sables*, des *argiles*, quelques *calcaires*. On y classe le gisement salifère de Wieliczka.

E. **Série quaternaire.** — Comme roches on y observe surtout des matériaux de transport : sables d'alluvion renfermant à leur partie inférieure, dans la vallée de la Seine, des blocs de roches du Morvan; puis le Lœss ou Lehm.

II. — ROCHES ÉRUPTIVES, **transversales ou massives,**

Elles traversent les précédentes et se traversent souvent les unes les autres. On détermine l'âge de leur apparition en étudiant celui des couches au travers desquelles elles ont été injectées, les mouvements de ces couches qui ont précédé ou accompagné leur apparition, les transformations qu'elles ont fait subir aux masses minérales antérieures ou contemporaines, enfin les matériaux qu'elles ont fournis aux roches de transport plus récentes.

1° Granite et Pegmatite. — Un *granite* à orthose blanc et à mica noir constitue dans les Pyrénées la haute cime du Néthou et modifie les *schistes voisins.* Aux environs de Bagnères-de-Luchon, Haute-Garonne, la *pegmatite graphique* contient du mica palmé ; elle s'élève jusque dans le *silurien.*

Dans les Cévennes, le granite a exercé son influence sur les *schistes micacés* des environs des Vialas. Dans le Plateau central, un granite à grains fins est traversé par un autre porphyroïde plus récent, et tous deux pénètrent dans les *schistes cristalisés.* Dans cette région, c'est au contact des granites et des schistes que s'est dressée la pegmatite. Dans le Dauphiné, le granite perce les *gneiss* et les *micaschistes.* Il forme des îlots dans le massif du Fichtelgebirge.

Dans le nord-ouest de la France, le granite de Bretagne, porphyroïde à Cherbourg et aux environs de Brest, a été accompagné d'une transformation des *schistes siluriens* (*schistes maclifères des salles de Rohan*). En Écosse, dans l'île d'Arran, il se répand en veines innombrables dans le *silurien inférieur.* En

Norwège, il pénètre dans le *silurien supérieur*. Il apparaît fréquemment dans les Alpes, à la base du Simplon, par exemple. Dans le massif du Mont-Blanc, il prend le facies protoginique.

Les granulites (voy. p. 256) sont en général plus récentes que les granites (Morvan, Creuse). Dans la Creuse, la granulite à deux micas est *dévonienne*. Le massif du Pelvoux est formé d'un granite à deux feldspaths, qui prend deux micas et passe à la Protogine. On rapporte aussi à la granulite la roche à beau feldspath rose de Baveno, Lac Majeur, et celle qui se ramifie au milieu des *schistes dévoniens* ou *killas* de la presqu'île du Cornouailles, en étant traversée elle-même par le porphyre feldspathique appelé *Elvan*. C'est encore une variété de granite qui transforme en hornfels le *dévonien* du Hartz. Une des plus récentes éruptions du granite est celle qui est parvenue dans le *Muschelkalk* du Tyrol, à moins qu'on ne regarde comme granite la roche célèbre de l'île d'Elbe. Dans cette île, on voit une roche à facies de granite porphyroïde associée quelquefois à une pegmatite tourmalinifère, qui traverse des couches rapportées avec quelques doutes à l'*Eocène*. Plusieurs lithologistes modernes considèrent la roche éruptive de l'île d'Elbe comme une *Liparite granitoïde*.

Porphyres quartzifères ; Oligophyres ou Porphyrites. — Il y a une transition insensible des granites aux porphyres, d'abord par les microgranulites, puis par les granites porphyroïdes. Autour des porphyres très voisins des microgranulites, on voit des injections innombrables de cristaux de Feldspath dans les *schistes siluriens* de Laifour, Mairupt, dans l'Ardenne et dans

les *schistes du dévonien* du pays de la Lenne, qui souvent ressemblent à des porphyres schisteux. Des porphyres s'observent en dômes isolés sur le pays de Nassau. Leur pâte est encore microgranulitique dans le *houiller*; souvent ils passent aux oligophyres. Comme exemple d'éruptions *houillères*, on peut citer celles de l'île d'Arran où la roche porphyrique passe au Pechstein, celles du bassin de la Loire où le porphyre s'est épanché dans les schistes, celles de la Chine, de l'Amérique du Nord. C'est surtout dans le *permien* et le *trias* que les feldspaths plagioclases dominent dans les porphyres; par exemple, dans le *permien* de l'Esterel, qui a l'andésine pour feldspath. Les porphyres du Val d'Ajol appartiennent aussi au *permien*.

Kersanton. — Dans la rade de Brest, il paraît avoir apparu postérieurement au *dévonien*. On peut en rapprocher la *pierre carrée* du carbonifère des environs de Nantes.

Syénites. — Dans les Vosges, elles sont plus récentes probablement que le dévonien; elles ont donné le facies porphyroïde aux calcaires du *muschelkalk* à Monzoni; en Norwège, elles sont liées aux granites.

Porphyres syénitiques. — De l'*âge houiller* à Altenberg. On en a observé dans le *lias*, qu'il faut peut-être reporter aux porphyres dioritiques.

Diorites et porphyres dioritiques. — Le *dévonien supérieur* de Wissenbach est coupé par les Diorites, ainsi que le *houiller* de l'île d'Arran. Les diorites prennent un aspect souvent porphyrique dans le *trias* des Alleghanys, dans la vallée du Connecticut où leurs belles colonnades forment les escarpements pittoresques de la rivière Hudson. En Europe, dans les Alpes, ils

passent aussi à des porphyres dioritiques et se mêlent avec leurs brèches et leurs tufs aux porphyres augitiques intercalés dans les *argiles et les marnes triasiques* de Saint-Cassian. Au Brésil, des diorites massifs percent les itacolumites et itabirites aurifères, relevées sur leurs flancs. C'est parmi les diorites et porphyres dioritiques qu'il faut classer un grand nombre de ces roches noires qui ont fourni aux Egyptiens, à une époque si ancienne, la matière première d'une foule d'œuvres d'art: sphinx, monolithes, etc. Les roches appelées *basaltes* par les Anciens (Strabon, Pline) ne sont donc pas celles que nous appelons de ce nom depuis Gessner (p. 320).

Amphibolites. — Celles qu'on peut considérer comme éruptives dérivent des diorites; elles passent aux Serpentines et aux Euphotides dans le *trias* des environs de la Mure, dans des terrains probablement du même âge à la Nouvelle-Calédonie, etc. Elles sont plus anciennes dans l'Ardenne.

Spilites, Variolites. — Celles du Drac paraissent triasiques.

Gabbros. — Dans le Hartz on en trouve de *dévoniens*; ils se relient généralement aux Diorites; ceux qu'on désigne plus particulièrement par le nom d'Euphotides paraissent quelquefois beaucoup plus récents, par exemple l'Euphotide de Toscane, dont l'âge, il est vrai, n'est pas encore bien déterminé.

Ophites des Pyrénées. — Formées de Plagioclase, de Pyroxène qui passe au Diallage, de plus ou moins grandes quantités de chlorite, et d'amphibole quelquefois en proportions considérables, ces roches ont été en général regardées comme *triasiques*. Depuis les travaux de Leymerie, beaucoup de géologues les croient

plus récentes, peut-être *éocènes*. Celles du Portugal sont postérieures au moins au *crétacé inférieur*, d'après M. Choffat.

Serpentines. — Il en est de tout âge. Permiennes dans les Vosges, elles sont *triasiques* à la Serre, près de la Mure (Isère). Dans l'Apennin et l'Illyrie, elles se mêlent à des Euphotides, à des Hypérites, enfin au grès et aux argiles qui les enveloppent, formant ces roches *éocènes* appelées *gabbrorosso*, *argile scagliose*, par les géologues italiens.

Ophitones. — Venus pour la première fois au jour à une époque probablement postérieure au *silurien* dans le nord-ouest de la France, ils sont intercalés en nappes entre les couches *dévoniennes* de la Westphalie, du Voigtland, et aux environs de Coblentz, entre les couches *houillères* de l'île d'Arran (Ecosse), de la Saxe, à Floha; aux environs de Bleyberg, ils alternent avec des *schistes argileux;* on voit des *Ophitones anorthiques* (Eukrite de Tschermak) dans le carbonifère d'Irlande.

Plagiophyres à *augite* ou *mélaphyres*. — Ils se sont épanchés à plusieurs époques; pendant le *carbonifère*, à Giromagny, Faucogney (Vosges), en Allemagne; pendant le *permien*, en Allemagne comme dans les Vosges; ils se mêlent aux porphyres dioritiques du *trias* de Saint-Cassian, dans les Alpes.

Roches trachytiques. — Elles paraissent avoir surgi pendant l'*Eocène supérieur*, dans la région du Siebengebirge. Dans les montagnes Rocheuses (Amérique du Nord), c'est au *Miocène* qu'on rapporte l'époque d'apparition des Andésites à amphibole on à augite.

En France, les domites ont apparu pendant le *Pliocène*

en massifs isolés, au travers de la chaîne des Puys; les premières Liparites des îles Lipari, de Vulcano, Stromboli, les Dacites de Santorin, sont de la même époque, ainsi que les Trachytes et les Phonolithes du Brisgau, Kaiserstuhl. C'est encore pendant le *Pliocène*, lors des derniers exhaussements des Alpes, que s'est produit le relief actuel du Mont-Dore. On y observe des éruptions alternes (Pic de Sancy) de Trachytes à sanidine et d'Andésites à augite et à amphibole (rocher du Capucin, cascade du Mont-Dore), terminées par le soulèvement des Phonolithes feuilletées de la roche Thuillière et de la roche Sanadoire.

C'est enfin au type trachytique qu'on peut rattacher les ruines de l'ancien cirque de la Somma, démoli en 1879 par le Vésuve, et si riche en minéraux de toutes sortes.

Roches basaltiques. Laves. — Pendant l'époque *miocène*, un basalte compact s'est étendu sur le sol aux environs d'Aurillac; il a été suivi d'une pluie de cendres. Au même âge appartiennent un grand nombre des basaltes de la chaîne des Puys, dont l'éruption a produit en même temps des projections de lapilli, de cendres transformées en pépérites dans les lacs de la vallée de la Limagne. On regarde aussi comme *miocènes* les basaltes du Siebengebirge et ceux qui sont associés à des Dolérites et à des Anamésites dans les Hébrides, en Islande, en Écosse.

Les épanchements basaltiques n'ont plus cessé. Au *Pliocène* se rapportent ceux de Coirons (Ardèche), ceux des plateaux du centre de la France, les Amphigénites et Néphélinites de la Bohême, les belles colonnades, connues sous le nom d'orgues d'Espaly, avec leurs

scories et leurs conglomérats; peut-être les Néphélinites des montagnes Rocheuses (Amérique du Nord).

Les Amphigénites porphyroïdes , Néphélinites, Haüynophyres de l'Eifel datent sans doute aussi de la fin du *tertiaire*; mais leur position n'a pas permis jusqu'ici d'en déterminer l'âge exactement. Le fameux basalte de Meissner, en Hesse, est encore plus récent; il est de l'époque *quaternaire*. L'homme *quaternaire* a dû voir commencer les épanchements des Amphigénites du Latium, de Montredon, en France, et de ces volcans d'Auvergne, à coulées si fraîches, à cratères si bien conservés (Puys de Pariou, de la Nugère, etc.). A une époque déjà historique, il a vu les affaissements de la partie centrale de l'île de Santorin, dont quelques points se sont relevés plus tard au-dessus du niveau de la mer, se montrant formés d'Andésites (Labrador, Pyroxène et Magnétite). Enfin, nous voyons encore aujourd'hui le Vésuve, l'Etna et tant d'autres volcans couler de temps à autre sur les flancs des montagnes , qui sont formées en général par les scories ou des cendres accumulées autour de leurs orifices de sortie.

REMARQUES

CONCERNANT LES CARTES GÉOLOGIQUES DE FRANCE ET D'EUROPE QUI SE TROUVENT A LA FIN DU VOLUME

Les légendes qui accompagnent chacune des deux cartes donnent l'explication des couleurs des terrains.

Sur des cartes à aussi petite échelle, on n'a pu indiquer que de grandes divisions géologiques.

Les couleurs ne correspondent pas *complètement* à celles qui sont indiquées dans la légende adoptée par *le Comité de Nomenclature française;* cela tient surtout à ce qu'on n'a pas encore définitivement arrêté les teintes qui représenteront les roches éruptives, et à ce que nous avons dû modifier celles qui représentent les terrains primaires, pour établir plus nettement leur distinction.

FIN.

INDEX ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

FIN DE LA TABLE ALPHABÉTIQUE


CARTE GÉOLOGIQUE
DE LA FRANCE
Granite et Schistes cristallisés
Silurien et Dévonien
Carbonifère
Permien
Trias
Jurassique
Crétacé
Tertiaire
Quaternaire
Roches éruptives
+ Localités fossilifères
Echelle de $\frac{1}{5.000.000}$
0 5 10 15 20 Myr.
MER DU NORD
LA MANCHE
OCÉAN ATLANTIQUE
MER MÉDITERRANÉE
ANGLETERRE
Londres
Salisbury
Dorchester
BELGIQUE
HOLLANDE
Bruxelles
Boulogne
Lille
Béthune
Abbeville
Givet
Aix la Chapelle
PRUSSE RHÉNANE
Taunus
LUXEMBOURG
WURTEMBERG
Cherbourg
La Hève
le Havre
Rouen
Caen
Laon
Reims
Ardennes
Lorraine
Champagne
Bassin de Paris
PARIS
Grignon
Bar-le-Duc
Troyes
Vassy
Strasbourg
Soultz
Nancy
Dieuze
Thann
Ballon d'Alsace
Belfort
Brest
BRETAGNE
MAYENNE
Mortagne
Collines du Perche
Orléans
Loire Fl.
Tours
Arcy
Morvan
Dijon
Angers
Nantes
Bourges
VENDÉE
Poitiers
La Rochelle
Royan
Cognac
Périgueux
PLATEAU CENTRAL
Puy de Dôme
Clermont
Bordeaux
Garonne
Vic sur Cère
Cahors
Gascogne
Rodez
Lyon
Bresse
Genève
SUISSE
ITALIE
Dauphiné
Lubéron
Provence
Aix
Marseille
Estérel
Port Vendre
Gravé par Dalang.
J. ROTHSCHILD, Editeur, Paris.
Imp. Lemercier
Dessiné par R. Barbot



CARTE GÉOLOGIQUE D'EUROPE
Terrains primitifs
Période primaire
— secondaire
— tertiaire
Roches éruptives
OCÉAN GLACIAL ARCTIQUE
OCÉAN ATLANTIQUE
ISLANDE
LAPONIE
M. BLANCHE
Golfe de Bothnie
G. de Finlande
S.t Petersbourg
Gouv.t de Perm
RUSSIE
Skager Rack
Cattegat
DANEMARK
MER BALTIQUE
MER DU NORD
ÉCOSSE
Grampians
ILES BRITANNIQUES
Londres
LA MANCHE
HOLLANDE
BELGIQUE
Luxembourg
Ardennes
Bretagne
Angers
Paris
FRANCE
Vosges
Plateau Central
Golfe de Gascogne
Pyrénées
Marseille
ESPAGNE
Madrid
PORTUGAL
ALLEMAGNE
Berlin
Prague
BOHÈME
SUISSE
Vienne
AUTRICHE-HONGRIE
ITALIE
Rome
MER TYRRHÉNIENNE
MER ADRIATIQUE
MER IONIENNE
GRÈCE
ARCHIPEL
TURQUIE
Constantinople
MER NOIRE
MER D'AZOV
MER CASPIENNE
ASIE
AFRIQUE
MER MÉDITERRANÉE
Echelle de 1/25.000.000
0 20 40 60 80 100 Myr.es
Gravé par Dalang
J. ROTHSCHILD, Éditeur, Paris.
Imp. Lemercier
Dessiné par R. Barbot

MINÉRALOGIE — GÉOLOGIE
PALÉONTOLOGIE

Traité de Paléontologie Description et figure des animaux et végétaux fossiles; excursions paléontologiques en France; moyen pour extraire et préparer les fossiles, par STANISLAS MEUNIER, *Aide naturaliste au Muséum*. Un très fort volume avec cartes en couleurs, illustré d'environ 1,000 vignettes. Prix relié . . . . 7 FR.

La Paléontologie et les Roches, pris ensemble. . . . . . 12 FR.

La Terre Son histoire. Etude de ses transformations successives, par H. DE LAGRENÉ, *Inspecteur général*. Un volume in-18 cartonné toile . . . . 2 FR.

Géologie technologique Traité de ses applications aux Arts et à l'Industrie, d'après le professeur Dr PAGE, traduit et augmenté par STANISLAS MEUNIER, *Aide-naturaliste au Museum*. Un vol. avec 80 grav. Relié en toile. 3 FR. 50

Les Roches Guide pratique pour leur détermination, avec les connaissances de lithologie nécessaires pour y parvenir, par EDOUARD JANNETTAZ, *Aide de minéralogie au Museum*. — 2e édition. Un volume avec plusieurs centaines de gravures et 8 planches en couleurs. Relié en toile. . . . . 7 FR.

La **PALÉONTOLOGIE** et les **ROCHES**, pris ensemble . . 12 FR.

Le Chalumeau Analyses qualitatives et quantitatives. Traduction libre du traité de B. KERL, avec additions d'après Berzélius, Plattner, Bunsen, Merz, H. Rose, suivie d'un tableau et d'un appendice spécial pour les applications minéralogiques, par EDOUARD JANNETTAZ, *Aide de Minéralogie au Muséum*. Un vol. avec vignettes . . . . 3 FR. 50

Les Minéraux Guide pratique pour leur détermination sûre et rapide au moyen de simples recherches chimiques par voie sèche et par voie humide. Traduit d'après KOBELL, par le Comte L. DE LA TOUR DU PIN, avec nombreuses additions par F. PISANI, *Professeur de chimie et de minéralogie*. — 3e édition. Relié. Prix. . . . . 2 FR. 50

Diamant et Pierres précieuses Descriptions, Gisements, Extraction, Travail, Emploi artistique et industriel, Evaluation, Statistique. Commerce des pierres précieuses, du corail et des perles. Avec une monographie historique des Bijoux, Joyaux et Orfèvrerie. Ouvrage in-8e avec 350 gravures et une planche en chromo, par MM. ED. JANNETTAZ (*maître des conférences de la Sorbonne*); EMILE VANDERHEYM (*expert en diamant*); EUGÈNE FONTENAY (*bijoutier-joaillier*) et A. COUTANCE (*professeur aux Ecoles de la marine*). . . . . 20 FR.

Relié 1/2 maroquin, avec fers. . . . . 25 FR.

Traité de Minéralogie de Géologie et des Eaux minérales, par J.-L. SOUBEIRAN, *Professeur à l'Ecole de Pharmacie*. Un volume avec 240 gravures. Relié. . 4 FR.

L'Homme Développement physique et intellectuel de l'homme, par le Dr GUSTAVE LE BON. Un vol. in-8 de 520 pages, orné de 87 gravures. . . . . 7 FR.

Les Sociétés Leurs origines et leurs développements, par le Dr GUSTAVE LE BON. Un vol. in-8 de 480 pages. . . . . 7 FR.

Les Enfants Éducation, instruction. Ce qu'il importe de faire savoir aux hommes, aux femmes, par CHAMPFLEURY. 4e édition de luxe. Un volume petit in-4°, avec planches en couleur, eaux-fortes, et 70 gravures. Prix : 7 fr. 50 ; relié. . . . . . . 10 FR.

La Chirurgie du Foyer Traité populaire contenant : Inflammations, abcès, brûlures, plaies, maladies virulentes, tumeurs, empoisonnements, asphyxie, etc., etc., par le Dr CH. BABAULT, *Ancien Interne des hôpitaux*. Un volume in-18 avec 45 gravures, relié en toile. . . . . 3 FR. 50

Le Médecin des Enfants Hygiène et maladie. Guide des mères de famille et des instituteurs, d'après Bock, Ballard, et Bower Harrison. Par A. C. BARTHÉLEMY, *Docteur en Médecine*. 3e édition. 1 volume. . . . . 1 FR.

Éléments de Matière médicale par J.-L. SOUBEIRAN. Un volume avec 547 gravures. Relié. 4 FR.

Les Aliments Guide pratique pour constater leur falsifications, d'après A. Vogl, par AD. FOCILLON, *Directeur de l'Ecole municipale Colbert*. Un vol. avec 160 gravures se composant d'environ 1200 sujets. Relié. . . . . 3 FR. 50

Les Souffrances du Professeur Delteil par CHAMPFLEURY. 5e édition, ornée de 25 gravures par CRAFTY. Un volume petit in-4°, 300 pages, imprimé sur papier teinté, 5 fr.; relié . . . . 7 FR.

Ornithologie du Salon Synonymie, description, mœurs et nourriture des oiseaux de volières, européens et exotiques, par R. BOULART, *Préparateur au Muséum*. Un volume grand in-8°, avec 75 vignettes et 40 chromotypographies, représentant les oiseaux, leurs œufs et leurs nids, 30 fr.; relié . . 35 FR.

Les Papillons de France Histoire naturelle, mœurs, chasse, préparation des Papillons, indications pour former des collections, etc. Un volume grand in-8°, orné de 110 vignettes et accompagné de 19 chromolithographies. 7 fr.; dans une reliure de luxe . . . . 10 FR.

Les Chemins de Fer français Étude historique sur la constitution et le régime du réseau. — Débats parlementaires. Actes législatifs, règlementaires, administratifs, etc., par ALFRED PICARD, *Conseiller d'État, ancien Directeur des Chemins de fer au Ministère des Travaux Publics.*

Belle publication formant 6 volumes in-8°, avec 3 cartes de la France et de l'Algérie en chromo. Prix broché. . . . . . . **110** FR.

Reliés en toile. Prix . . . . **115** FR.

Les Promenades de Paris Histoire, description des embellissements, dépenses de création et d'entretien des Bois de Boulogne et de Vincennes, des Champs-Elysées, parcs, squares, boulevards et des promenades intérieures de la ville de Paris, par A. ALPHAND, *Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Directeur des Travaux de la Ville de Paris.*

Ouvrage formant deux volumes in-folio, illustré de 80 gravures sur acier, de 23 chromolithographies et de 487 gravures sur bois. Prix **500** fr., relié. . . . . **600** FR.

L'Alimentation du Canal de la Marne au Rhin et du Canal de l'Est, par ALFRED PICARD. Cet ouvrage traite des travaux exécutés depuis 1870 pour l'alimentation commune à ces deux voies navigables et pour l'alimentation spéciale à la première. — (Machines élévatoires hydrauliques et à vapeur, réservoirs, rigoles. — Description et indications détaillées sur les dépenses de construction, d'entretien et d'exploitation). Un volume de texte in-8°, accompagné d'un atlas de 25 planches . . . . **60** FR.

Les Travaux publics de la France. Ouvrage de grand luxe, publié sous les auspices du *Ministère des Travaux publics* et sous la direction de M. LÉONCE REYNAUD, *Inspecteur général des Ponts et Chaussées*, par MM. les Inspecteurs généraux et Ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées : FÉLIX LUCAS, A. FOURNIÉ, ED. COLLIGNON, H. DE LAGRENÉ, E. ALLARD, VOISIN-BEY. — Les cinq parties de l'ouvrage contiennent : Routes et ponts, chemins de fer, rivières et canaux, ports de mer, phares et balises. Chaque partie forme un volume in-folio ; elle contient 50 planches phototypiques et a sa carte spéciale. Prix. . . . . **120** FR.

L'ouvrage complet formant 5 forts volumes grand in-folio (de 57 sur 42), avec 584 pages de texte et 538 vignettes, 7 cartes tirées en couleur, 250 planches faites d'après nature, est du prix de **600** fr.; relié en 5 volumes, planches sur onglets toile, tranches dorées. **750** FR.

Les Alpes au point de vue de la Géographie physique et de la Géologie. — Voyages photographiques dans le Dauphiné, la Savoie, le nord de l'Italie, la Suisse et le Tyrol ; avec 14 héliogravures, d'après les Photographies de l'auteur, retouchées par JACQUET, et une carte au 1/600,000°, indiquant les courbes d'horizon des Panoramas, par A. Civiale. — Le prix de l'ouvrage est de 50 fr. pour le volume de texte avec la carte des courbes d'horizon ; il est de **65** fr. pour le volume de texte avec les deux cartes.

BEAUX-ARTS — ARCHÉOLOGIE

Donatello à Padoue Monographie de ses chefs-d'œuvre à Padoue: le **Gatamelata** et le **Santo**, par W. BODE; traduction française revue et publiée sous la direction de Charles YRIARTE. Publication de luxe in-folio, avec nombreuses vignettes et 23 planches phototypiques inaltérables. . . . . 100 FR.

Les Médailleurs de la Renaissance par Alois HEISS. Belle publication in-folio, paraissant par monographies séparées; ont paru jusqu'à ce jour :

Le Pisan Un volume avec 14 planches et 75 vignettes. Prix. . . . . 40 FR.

Laurana (Francesco) et Pietro da Milano.—Un volume 5 planches et 130 vignettes. . . . . 30 FR.

Este (Les Médailleurs de la Maison d'). — Marescotti, Lexignolo, Petricini, Baldasare Estence, médailleurs anonymes travaillant à Ferrare au XVe siècle. Un volume orné de 8 planches phototypiques et de 130 vignettes. . . . . . 40 FR.

Alberti (Léon-Baptiste). Matteo de Pasti et anonyme de Pandolphe IV Malatesta. Un volume in-folio, avec 8 planches phototypiques et de 100 vignettes. . . . . . 40 FR.

Les Médaillons de l'Empire romain Numismatique antique, allant du règne d'Auguste jusqu'à Priscus Attale, par W. FRŒHNER. Ouvrage de luxe in-4°, orné de 1,310 gravures. Prix **40** fr.; relié . . . . . 45 FR.

L'Art ornemental au Japon Dessin, Peinture, Gravure sur bois, Impressions en couleur, Tissus, Broderies, Laques, Emaux cloisonnés, Ouvrages en métal, Incrustations, Sculptures sur ivoire, etc., par A. AUDSLEY. Traduit de l'anglais et revu par M. Charles YRIARTE. — Ouvrage de grand luxe. — Les planches en chromo (tirées jusqu'en 24 couleurs), dépasseront tout ce qu'on a fait en couleur jusqu'à ce jour. Le texte, orné de quelques centaines de vignettes, reproduites d'après les originaux, est imprimé en plusieurs couleurs. Près de 200 vignettes et 100 planches de gardes japonaises feront l'ornement spécial de l'édition française. Le tirage de l'édition française est fait à 400 exemplaires sur papier blanc et à 100 exemplaires sur papier japonais de premier choix; tous les exemplaires seront numérotés à la presse. Prix de l'édition sur papier blanc extra, **400** fr.; sur papier Japon. . . . . . . 600 FR.

Le Musée de Marine du Louvre. — Histoire, description, construction, statistique des navires à rames et à voiles, par Edmond PARIS, *Vice-amiral, Conservateur au Louvre.* Grande publication de luxe in-folio avec 60 planches et 200 vignettes. - Prix **200** fr., relié. . . . . 240 FR.

AGRICULTURE, ETC.

La Vigne dans le Bordelais. — Commerce, culture, etc., par Aug. Petit-Laffitte, un vol. in-8 avec 75 grav. 12 fr.

Traité pratique d'Analyse chimique a l'aide des méthodes gravimétriques. — D'après l'ouvrage de Thorpe, par Stanislas Meunier, *Aide naturaliste au Muséum.* Un volume avec 111 vignettes dans le texte. Relié . . 5 fr.

Traité pratique d'Analyse chimique a l'aide des méthodes volumétriques. — D'après l'ouvrage de F. Sutton, par Ed. Finot et A. Bertrand. Un vol. avec 95 vignettes dans le texte, relié . . . . 5 fr.

Les deux Traités pris ensemble . . . . 8 fr.

☞ *La nécessité de l'analyse chimique se fait d'autant plus sentir aujourd'hui, que toutes les transactions commerciales, achat et vente de matières premières ou manufacturées, reposent sur des analyses qui indiquent leur teneur en substances utilisables.*

Le cultivateur lui-même, qui n'accepte les indications de la science qu'avec une extrême prudence, n'achète plus d'engrais sans les faire analyser.

Tout en traduisant deux livres extrêmement répandus en Angleterre, les auteurs y ont fait de nombreuses additions et se sont efforcés de les mettre au courant de l'industrie française.

Ces deux ouvrages se recommandent donc spécialement aux agriculteurs, aux chimistes, aux ingénieurs, aux métallurgistes, aux industriels, aux médecins, aux pharmaciens, qui y trouveront exposés avec détails, l'analyse des divers produits de l'industrie, des minerais, des phosphates, des guanos, des sucres, des eaux, des gaz, des terres, des urines, etc.

La Culture économique par l'emploi raisonné des instruments, machines, outils, appareils, ustensiles usités dans la petite et la grande culture, par Ed. Vianne, un beau vol. in-18 de 350 pages, illustré de 204 figures. Relié. 2.50

La Terre végétale De quoi elle est faite, comment elle se forme, comment on l'améliore. Guide pratique de géologie agricole, par Stanislas Meunier. Un volume avec vignettes et une carte agricole de la France, par A. Delesse, *Professeur à l'Ecole normale.* Un volume relié. . . . . 3 fr.

Anatomie et Physiologie de l'Abeille Magnifique publication in-folio contenant 12 lithographies et un texte explicatif, par Michel Girdwoyn. . . . . 25 fr.

Nos Champignons Leur description, culture et usages. — Représentation des espèces comestibles, suspectes et vénéneuses, qu'on rencontre généralement en France, avec un texte par J.-A. Barral. Un volume in-4° avec 16 belles chromo. (*Sous presse.*)

HORTICULTURE — BOTANIQUE

Les Orchidées Botanique, classification, géographie, collections, culture, maladies, emploi, description, avec une revue détaillée de toutes les espèces cultivées en Europe, par E. de PUYDT. Un volume avec 242 vignettes et 50 chromos, **30** fr.; relié Prix . . . . 35 FR.

L'Olivier Histoire, botanique, physiologie, culture, produits, usage, commerce, distribution géographique et bibliographie de l'Olivier, par le professeur A. COUTANCE. — Un volume in-8 avec 120 gravures. . . . . 15 FR.

Les Champignons Histoire, description, emploi, culture, usage par S.-F. CORDIER. 4e édition avec vignettes et 60 chromolithographies, Prix : **30** fr.; relié. . . . 35 FR.

Arboretum et Fleuriste de la ville de Paris. — Description, culture et usage des arbres, arbrisseaux, et des plantes herbacées et frutescentes de plein air et de serre employées dans l'ornementation des villes, parcs et jardins, par A. ALPHAND, *Directeur des Travaux de Paris*. Un volume in-folio. 50 FR.

Les Ravageurs des Vergers et des vignes. — Histoire naturelle, mœurs, dégâts, moyens de les combattre avec une Etude sur le Phylloxéra, par H. de la BLANCHERE. Un volume in-18, orné de 160 vig. 3 FR. 50

Les Maladies des Plantes cultivées des arbres fruitiers et forestiers, occasionnées par le sol, l'atmosphère, les parasites, etc. D'après Tulasne, Bary, Berkeley, Hartig, Sorauer, etc, par M. A. d'ARBOIS DE JUBAINVILLE, *Sous-Inspecteur des forêts*, et J. VESQUE, *Préparateur au Muséum et à l'Instiut agricole*. Un volume avec 48 vignettes et 7 planches en couleurs . . . . 4 FR.

Les Oiseaux utiles et nuisibles aux champs, jardins, forêts plantations, vignes, par H. de la BLANCHÈRE. — 3e édition revue et augmentée. Un volume avec 150 vignettes, relié toile, tranches rouges . . . . . 4 FR.

La Culture maraîchère Traité pratique, par A. DUMAS, *professeur d'horticulture*. Quatrième édition. Un volume orné de 186 gravures. . . . . . 3 FR. 50

La Vigne dans le Bordelais Commerce, culture, histoire naturelle, etc., par AUG. PETIT-LAFITTE, *professeur d'arboriculture du département de la Gironde*. — Un fort volume in 8°, illustré de 75 gravures . . 12 fr.

Traité de Botanique élémentaire par J.-L. SOUBEYRAN (*Professeur à l'Ecole de Pharmacie*). Un volume avec 914 gravures. Relié. . . . . . 4 FR

HORTICULTURE — BOTANIQUE

L'Art des Jardins histoire, théorie, pratique de la composition des jardins et des parcs, par le baron ERNOUF. — 2e ÉDITION. (*Sous presse*). Publication de luxe in-4°, ornée de vignettes représentant des plans de Jardins anciens et modernes, petits Jardins, Parcs modernes, Jardins de ville, Kiosques, Maisons d'habitation, Ponts, Tracés, Détails pittoresques, Accidents de terrains, Arbres, Effets d'arbres, Plantes ornementales, etc.; augmentée des plus jolis Squares de la ville de Paris avec leur disposition des plantes, et des plans des Parcs et Jardins les plus réussis de MM. Alphand, le comte Choulot, Barillier-Deschamps, Mayer, Kemp, Neumann, Hirschfeld etc., etc., pouvant tous servir d'excelleuts modèles. — Ouvrage essentiellement pratique à l'usage de tout propriétaire de Jardin (du plus petit au plus grand Parc), des Ingénieurs, Horticulteurs, Régisseurs, Architectes, etc., etc.

L'Esprit des Fleurs Symbolisme et Science. Par Mme EMMELINE RAYMOND, *Rédacteur de la Mode illustrée*. Un volume in-4e avec 60 pages de compositions en chromo, représentant environ 400 plantes imprimées en 14 couleurs. Le texte entouré de cadres de SIMON DE COLINES, est tiré en 5 couleurs. Publication de grand luxe formant une Flore illustrée et en même temps un Langage de fleurs. Prix broché **15** francs; relié avec fers spéciaux, tranches dorées . . . . **20** FR.

Les Plantes à Feuillage coloré. — Recueil des plus remarquables servant à la décoration des parcs et des jardins, des serres et des appartements; précédé d'une introduction générale sur la couleur du feuillage, par Charles NAUDIN, *Membre de l'Institut*. Deux volumes in-8, avec 120 chromotypographies et 120 vignettes. 4e édition. Prix des deux volumes, **60** fr.; reliés. . . . . . . **70** FR.

Les Plantes alpines Station, culture, emploi, description des espèces indigènes et exotiques les plus remarquables, par B. VERLOT, *Chef de l'école botanique du Muséum*. Un volume avec 50 chromotypographies et 78 gravures sur bois. 2e édition, **30** fr.; relié . . . . **35** FR.

Les Fougères et les Selaginelles Choix des plus remarquables pour décoration des serres, parcs, jardins et salons, avec histoire botanique, pittoresque et horticole, par A. RIVIERE. E. ANDRÉ, E. ROZE. Deux forts volumes in-8. Prix : **60** fr. reliés . . . . **70** FR.

Les Roses Recueil des plus jolies espèces et variétés cultivées en France, et à l'étranger. Dessinées par Mlle KERMABON, d'après nature, dans les cultures de M. Margottin fils. — Ouvrage paraissant mensuellement en fascicules grand in-folio, avec 5 chromos et texte descriptif, à partir de Mars 1884.

Les Palmiers Histoire botanique, description, emploi, culture, avec index général des noms et synonymes des espèces connues, par Oswald de KERCHOVE DE DENTERGHEM. Un volume grand in-8° avec 228 gravures et 49 chromolithographies **30** fr.; relié . . . . **35** FR.

